

INDIKATION VERSCHIEDENER FÄRBEMETHODEN
ZUR DARSTELLUNG DES PULPENGEWEBES

JOHANN BATAY

1968

Aus der Universitätsklinik und Poliklinik für
Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz
Direktor: Professor Dr. F. Jung
Konservierende Abteilung
Leiter: Professor Dr. Dr. W. Ketterl

INDIKATION VERSCHIEDENER FÄRBEMETHODEN
ZUR DARSTELLUNG DES PULPENGEBEWES

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Würde eines Doktors der Zahnheilkunde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

vorgelegt von
JOHANN BATAY

aus Goslar

MAINZ 1968

Dekan: Professor Dr. Dr. G. Thews

Referent: Professor Dr. Dr. W. Ketterl

Tag der münd-
lichen Prüfung: 23. November 1968



Gesamtherstellung: Ditters Bürodienst Mainz

INHALTSÜBERSICHT

	Seite
Einleitung	1
I. Anatomie der Pulpa	1
A. Grundsubstanz - Fasern - Zellen	1
B. Histologische Verteilung dieser Elemente	8
C. Die Vaskularisation der Pulpa	10
D. Die Innervation der Pulpa	12
II. Arbeitsmaterial und Methode	18
III. Die Färbemethoden und ihre Auswertungen	27
A. Die Übersichtsfärbungen	27
B. Spezialfärbungen zur Darstellung bestimmter Gewebsanteile	31
a) Kollagenfasern	31
b) Elastische Fasern	38
c) Argyrophilfasern (Bindegewebsimprägnation) .	41
d) Gleichzeitige Darstellung von Kollagen, Elastin und Retikulin	44
e) Gefäßnetz-Färbung für Schnitte	46
f) Neurofibrillen und Nervenendigungen	48
g) Fettdarstellung	53
IV. Kritische Betrachtung	57
Die Übersichtsfärbungen im Pulpaschnitt	57
Die Spezialfärbungen im Pulpaschnitt	60
V. Zusammenfassung	68
VI. Literaturverzeichnis	71
Mikrophotogramme	
Tabellen	

EINLEITUNG

Die histologische Verarbeitung der Zähne, insbesondere die Darstellung des Pulpengewebes, bereitet Schwierigkeiten. In diesem Falle haben wir es gleichzeitig mit Weich- und Hartgeweben zu tun. Bei der Untersuchung der Zahnhartsubstanzen werden Schliffe hergestellt, wobei die Pulpa verlorenght. Um das Weichgewebe vollständig zu erhalten, sind Entkalkungsverfahren für die mikroskopische Schnittherstellung notwendig.

Die Aufgabe dieser Arbeit ist es, geeignete Methoden für Übersichts- und Spezialfärbungen bestimmter Gewebsanteile der Pulpa zu finden und auszuarbeiten.

I. ANATOMIE DER PULPA

Das Zahnmark (Pulpa dentis) ist von mesodermaler Herkunft, es geht aus der mesenchymalen Zahnpapille hervor. Die Pulpa stellt ein sulziges Gewebe dar, eine dem embryonalen Gallertgewebe ähnliche Bindegewebssubstanz, die den inneren Hohlraum (Cavum pulpae) des Zahnes ausfüllt (Meyer (27), Riedel (35), Fasske-Morgenroth (13)).

Die anatomischen Bestandteile der Pulpa bestehen aus einer homogenen Grundsubstanz, in die Zellen und feinere Fibrillen und Fasern eingelagert sind, außerdem Gefäße und Nervenfasern.

A. Grundsubstanz - Fasern - Zellen

a) Die Grundsubstanz:

Die homogene Grundsubstanz ist mit dem Gallertgewebe des Nabelstranges zu vergleichen. Nach Fasske und Morgenroth (13) lassen sich im retikulären Bindegewebe der Pulpa Grundsubstanz und Fett unterscheiden, andere Autoren sprechen nur von Grundsubstanz (Riedel (35), Meyer (27)). Im Laufe der Zeit treten gewisse Veränderungen in dieser Grundsubstanz hervor, zuerst die Verdickung der Substanz, dann wird die Grundsubstanz im weiteren Zeitablauf durch eine feine fibrilläre Substanz aufgelöst, was ein Zeichen der Veralterung ist.

Balogh und Mitarbeiter (5) berichten bei der feineren Auffaserung der Grundsubstanz von einer "interfibrillären Kittsubstanz", die Eiweiß- und Kohlenhydratbestandteile enthält. Die Kohlenhydrate

bestehen aus Glykoproteiden, Mukoproteiden und Mukopolysacchariden (Hyaluronsäure und Chondroitinschwefelsäure). Diese am Anfang in die ganze Pulpa verteilte Kittsubstanz wird mit zunehmendem Alter geringer, sie lokalisiert sich um die Gefäße und Nerven. Nach Vorstellung der Autoren besorgen diese interfibrillären Kittsubstanzen und in erster Linie deren metachromatischer Anteil die Ernährung und den Stoffwechsel des umliegenden Pulpengewebes.

Je älter die Pulpa ist, desto mehr Bindegewebsfasern bilden sich durch die indifferentierten Zellen, sie bündeln sich in axialer Richtung, zuerst in der Wurzelpulpa, dann in der Krone (Gräff (16)). Unter physiologischen Bedingungen erfolgt dieser "Umbau" langsam. Bei Erkrankung der Pulpa wird die Veränderung der Grundsubstanz schneller vollzogen. Sie wird im Ganzen durch fibrilläres (kollagenes) Bindegewebe ersetzt.

Zwischen der pathologischen und altersbedingten Faserung der Pulpa ist oftmals schwierig zu unterscheiden. Es gibt viele Pulpen, die in mehreren Entwicklungsphasen und in den jüngeren Jahren diese Symptome aufweisen, dabei aber völlig intakt und ohne Beschwerden sind. Es ist bewiesen, daß bei der Kaufunktion auf den Zahn die normalen thermischen und chemischen Reize diese Gegenreaktion in der Pulpa hervorrufen (Gräff (16), Reichborn-Kjennerud (34), Riedel (35)).

b) Der fibrilläre Faserbestand:

Im Entwicklungs- und im jüngeren Stadium der Pulpa sind nur feinere Fibrillen, unter pathologischen Voraussetzungen dagegen sind dicke kollagene Faserbündel identifizierbar. Die Fibrillen sind von kollagener und präkollagener Natur. Bei der Differenzierung durch Silberimprägnation werden die kollagenen Fibrillen braun bis bräunlich-gelb und die präkollagenen Fibrillen schwarz; letztere werden wegen ihrer erhöhten Silberaffinität argyrophile Fasern genannt.

Die fibrilläre Substanz besteht aus:

- b 1. freien Fibrillen. Der entscheidende Beweis für ihre Kollagenität war die erfolgte Leimherstellung aus Tierpulpen (Meyer (27));
- b 2. langen Fortsätzen der unterschiedlichen Pulpazellen, die, wie die Fibrozyten und Odontoblastzellen, in der Pulpagrundsubstanz ein dichtes Fasergeflecht bilden;
- b 3. kollagenen Faserbündeln;
- b 4. Retikulinfasern;
- b 5. elastischen Fasern.

Bei jugendlichen Pulpen sind schon, außer dem durch die Fibrozytenausläufer gebildeten Geflecht, die präkollagenen Fasern in Bündeln zusammengefaßt. Dies sind die folgenden Gebilde:

Die v. Korff'schen Fasern, die in der Dentinbildung mitwirken. Diese Faserbündel ziehen sich von der Pulpa ins Dentin, wo sie als organischer Teil das Dentin bilden. Nach früheren Ansichten sind die v. Korff'schen Fasern nur in embryonalen und in Entwicklungszeiten des Dentins vorhanden; Orban hat sie aber auch bei älteren Individuen durch spezielle Färbemethoden gefunden. Die Erklärung dafür ist die kleinere Zahl dieser Fibrillen im zunehmenden Alter (Meyer (27), Orban (31)). Die oben erwähnte Fähigkeit der v. Korff'schen Fasern geht nach der primären Dentinbildung weiter; Armenio (3) gibt ihnen auch in der Sekundärdentinbildung eine Rolle.

Die Faserbündel-Hülle um Gefäße und Nerven. Um die in der Grundsubstanz abzweigenden Gefäße und Nerven bildet die Pulpa entlang ihrer Laufrichtung als "Einbettung" ein dickeres Fibrillenbündel. In der zentralen Pulpa verlaufen sie von axial zur Peripherie. In der Peripherie, nahe der Odontoblastenzone, verschwindet diese faserige Hülle.

Die Weil'sche Zone: Diese kann man zu den normalen frühzeitigen Fibrillenbündeln nicht ganz als solche hinstellen. Da die Fibrillen in der gesamten jugendlichen Pulpa zahlenmäßig sehr gering und nur einzeln gelagert sind, ist die faserreiche zellarme oder Weil'sche Zone nicht sichtbar; um diese in späteren Altersphasen zu erkennen, wird eine intensive Faserbildung benötigt. Die Weil'sche Zone ist von der Kreuzung verschiedener Fasern und Fortsätze mit ganz wenig Zellbestand in Richtung Dentin-Pulpa und Pulpa-Dentin zustande gekommen (Riedel (35)).

Die Beziehung zwischen den argyrophilen und kollagenen Fasern ändert sich physiologisch in der Lebenszeit der Pulpa. Die feinen argyrophilen Fibrillen beherrschen die juvenile Pulpa, dann kommt es zwischen präkollagenen und kollagenen Fasern zu einem quantitativen Ausgleich. Die kollagenen Fasern verlaufen ungleich und locker. Im senilen Zahn werden diese Fibrillen zu Bündeln und Lamellen in Längsrichtung angeordnet. Diese Faseranordnung ist in der gesamten Pulpa vorhanden, sogar die Fibrozyten, denen bei der Ausbildung der Fasern eine wichtige Rolle zukommt, lagern in länglicher Bündelform, was durch den erhöhten Innendruck der Pulpa infolge Sekundärdentinbildung zu erklären ist. Nach Balogh und Mitarb. (5) ist diese Fasergewebebildung eine Teilerscheinung der senilen allgemeinen Fibrose und Sklerose.

Bis jetzt haben wir die Umwandlung der Grundsubstanz als altersbedingte Erscheinung in (normalen) gesunden Verhältnissen betrachtet, in der die "Fasern" meist mit präkollagenen Eigenschaften als etwas dickere Fibrillen vorhanden sind. (Zwischen der senilen und pathogenen Kollagenfaserbildung ist der Unterschied praktisch nicht sichtbar. Die senilen Kollagenfasern sind nach eigenen Erfahrungen in der Regel etwas dünner, deshalb sind sie vorher mit "präkollagenen Eigenschaften" charakterisiert worden.)

Bei Entwicklungsstörungen, Erkrankungen, Zirkulationsstörungen wird die gesamte Pulpa durch starke kollagene Faserbündel ersetzt. K. Häupl (20) bezeichnet diese krankhafte Veränderung, bei der als Hauptmerkmal die ganze Pulpa durch kollagenes Bindegewebe ersetzt wird, als "Phlegmasie der Pulpa".

Zu diesem Begriff gehören noch andere Komponenten: Ödembildung, verursacht durch Hyperämie der Gefäße, Veränderung der Odontoblasten, Vakuolen in der Odontoblastenschicht; irregulärer Dentinaufbau durch Odontoblasten; örtliche Resorption des regulären Dentins.

Nach Riedel (35) ist die "Phlegmasie der Pulpa" eigentlich eine örtliche Zusammenwirkung von Stauungs-, Entzündungs- und übermäßigen Reizzuständen, bei der die am Anfang gallertartige Masse der Pulpa in verschiedenen Phasen der Phlegmasie durch Substanzen ersetzt wird, die dem Granulationsgewebe oder dem Narbengewebe ähnlich sind.

Die Fasergewebsbildung ist eine Gegenreaktion der Pulpa, die immer bei chronischen Reiz- und Entzündungszuständen entsteht. Die fibrillär veränderte Pulpa ist gegenüber toxischen, infektiösen und anderen Reizwirkungen widerstandsfähiger, ihre regenerative und reparative Tätigkeit ist stärker als die des ursprünglichen Pulpagewebes. Diese Regeneration wird mit der Zeit immer schwächer, in jugendlichen Zähnen ist sie größer als bei älteren.

Bei einer akuten Entzündung und Reizen geht das Pulpagewebe zugrunde, Phlegmasie und Fasergewebsbildung erfolgen nicht: es entsteht eine irreversible Veränderung im Sinne einer Degeneration und Nekrose.

Die Retikulinfasern (zu den argyrophilen Fibrillen gehörend) sind nach Meinung von G. Fischer (14) bei der Phlegmasie der Pulpa ausschlaggebend.

Die Odontoblasten haben eine Stoffwechseltätigkeit zwischen Pulpa und Zahnhartsubstanz (Dentin, Schmelz). "Gehen aber die Elfenbeinzellen im Zuge der verschiedenen Stoffumsätze bei Störungen aller Art verloren, so tritt an ihre Stelle entweder eine neue Zell-

garnitur von der Pulpa her, oder es bildet sich am Prädentin ein dichtes Retikulinfasernetz, das nun den feineren Stoffwechsel in den Hartgeweben fortführt."

Die zellreiche Zone kann "unter günstigen Umständen neue Odontoblasten als Ersatz für verlorengegangene liefern". Allerdings bleibt bei schwacher "Grundlage" (Kondition) dieser regenerative Vorgang aus.

Im Falle einer Retikulinfaserbildung wird zuerst nach dem Tod der Odontoblasten eine Ödembildung und Blutaustritt in der Odontoblastenschicht folgen. Diese Flüssigkeit dient bei der Ernährung der Dentinschicht als erster Ersatz für die Odontoblasten. Gleichzeitig verursacht der ödematische Druck einen Reiz auf die benachbarte Weil'sche Schicht. Von hier aus wird ein "plasmareiches" Retikulinfasernetz in die Odontoblastenschicht hineinwachsen, es nimmt mit den im Dentin befindlichen Resten, den Tomes'schen Fasern, Verbindung auf. Dieser provisorische Umbau wird dann in günstiger Lage wieder von neugebildeten Odontoblastzellen ersetzt und tritt bei der retikulären Degeneration der Pulpa häufig auf (G. Fischer (14)).

Die ungarische Schule (Balogh-Molnár-Schranz-Huszár (5)) rechnet die elastischen Fasern auch zu dem Faserbestand der Pulpa. In der freien Pulpa sind sie nicht vorhanden, dafür aber in den Gefäßwänden, in der Tunica media der Arterien. Sie sind zirkulär und untereinander zusammenhängend in den Gefäßen eingebaut. Die elastischen Fasern leiden auch unter den Alters- und pathogenen Veränderungen: sie sind im Interstitium zerstreut, ungeordnet und in einzelne Bündel zusammengeballt.

Im Querschnitt der Arterien sieht man besonders gut in den benachbarten Pulpengebieten die kurze Zerstreuung der einzelnen elastischen Fasern.

c) Der Zellbestand:

Die Zellen sind in der gesamten Pulpa gleichmäßig, an der Peripherie jedoch dichter verteilt. Besonders in der Peripherie erkennen wir in zwei Zonen starkes Zellgedränge: in der am Dentin liegenden Odontoblastenzone und in der zellreichen Zone. Zwischen diesen Zonen liegt die zellarme oder Weil'sche Zone. Von diesen Zonen kann man die innere Pulpa scharf abgrenzen; diese nennen wir zentrale Pulpa, in der der Zellbestand etwas locker eingebaut ist.

Die Zellen der Pulpa sind die Odontoblasten (siehe S. 8), die Fibrozyten, die RES-Zellen, wie die Rundzellen und Histiozyten; Mesenchymzellen.

Dieser Zellbestand entsteht durch embryonale Differenzierung, wobei er sich quantitativ vermehrt. Am Ende des Entwicklungsstadiums kommt es bei den einzelnen Zellen zu einer zweiten qualitativen Differenzierung (Batay (6)) im Sinne einer Reifung.

Im Entwicklungsstadium und bei pathologischen Fällen (wie z. B. Fettdegeneration der Odontoblasten) enthalten die Pulpazellen Fett und doppeltbrechende Lipide. Im normalen erwachsenen Stadium ist in den Zellen vorwiegend das Chromatin auffindbar (Keil (23)). Stewart (40) hat die Odontoblasten eingehend untersucht. Nach seiner Feststellung ist die Lipoid-Granulation im Zytoplasma und auch in den Fortsätzen der Odontoblastenzellen bis in die Dentinkanälchen zu verfolgen.

Diese Granula sind von basischem Charakter und silberaffinitiv. Vermutlich besitzen diese Granula eine spezifische Aktivität und vermehren sich, wenn eine Beschädigung der Odontoblastzellen vorliegt.

Im Zytoplasma sind außerdem auch Vakuolen vorhanden, die dieselbe Granulation enthalten. Das Vorkommen der Granula in den Vakuolen und die Beziehung zwischen diesen beiden zeigen, daß die Vakuolen eine Teilerscheinung der physiologischen Aktivität der erwachsenen Odontoblastzellen darstellen (nach Stewart (40)).

Die Pulpazellen:

1. Die Fibrozyten:

In überwiegender Zahl findet man die Fibroblasten oder Fibrozyten. Diese vielförmigen, am Anfang indifferenzierten Zellen sind ebenso charakteristisch für die lockeren embryonalen Bindegewebe der Pulpa im Entwicklungsstadium wie in späteren Zeiten. Nach mikroskopischem Schnitt sehen wir mehrere Formtypen. Über die Fläche gesehen sind es entweder sternförmige Gebilde mit langen Fortsätzen oder dreizipfelige, mit gelappten Fortsätzen und ovalem Kern. In H. E. -Färbung sind sie schwach rosa, rötlich, der Kern bläulich. Von der Seite her tritt die vielbeschriebene "Spindelform" heraus (Meyer (27)).

Ihre langen Fortsätze laufen mit den Nachbarzellen zusammen, dadurch besteht eine weitgehende Geflechtbildung in der ganzen Pulpa zwischen den Fibroblasten. Dieses "Geflecht" ("Synzytium") ist noch stärker in den noch wachsenden Zähnen vorhanden. Den im Geflecht stehenden leeren Raum füllen die Grundsubstanz, die freien Fibrillen, die anderen bindegewebigen Zellen, Gefäße und Nervenfasern aus (Riedel (35)).

Außer der Odontoblastendifferenzierung ist die Fasergewebsbildung und speziell die aktive Mitwirkung bei der kollagenen Fibrillenbildung charakteristisch für die Fibrozyten. Die Entstehung der Fibrozyten erfolgt direkt aus dem Mesenchym, indirekt aus dem embryonalen Keimgewebe. Unter indirekter Entstehung versteht man die Umwandlung einseitig differenzierter Zellen des mesenchymalen Keimgewebes.

2. RES-Zellen:

a) Die Rundzellen

Die Rundzellen oder amöboide Wanderzellen sind nach ihrer Form und ihrem Aufbau sehr klein. Die Zellen sind nur halb oder ein Drittel so groß wie der Kern eines Fibrozyten. Sie sehen wie Lymphozyten aus: mit H. E. färben sie sich dunkel, die Kerne sind rund, liegen exzentrisch und selbst der Zelleib ist nicht größer als der Kern. Sie haben phagozytäre Eigenschaften (Meyer (27)).

b) Adventitia-Zellen oder Histozyten

Es sind verhältnismäßig zu den Fibrozyten nur einzelne Adventitia-Zellen vorhanden. Weil sie immer in Gefäßnähe sind, nennt man sie nach Maximow auch ruhende Wanderzellen. Diese Zellen sind von den Fibrozyten schwer zu unterscheiden: in ihrer Form sind sie ein wenig kleiner, aber sie färben sich stärker an. Die Kerne sind dunkler und flacher. Im Zelleib ist Granulation bemerkbar, und sie haben oft Vakuolen.

Wegen ihrer phagozytären Eigenschaften sind sie auch als Phagozyten oder Makrophagen bekannt; sie sind ein Bestandteil des Retikulo-endothelialen Systems (Meyer (27), Riedel (35), Schug-Kösters (38)).

3. Die Mesenchymzellen

befinden sich auch in Gefäßnähe. Sie sind mit ihrer ~~sehr~~ langen Spindelform und mit dem meistens weit ausgezogenen Zelleib auffallend. Wegen ihrer pluripotenten Einstellung spielen sie eine große Rolle bei der Entzündung. Nach Meyer (27) führen gelegentlich die Mesenchymzellen zusammen mit den Rundzellen und Makrophagen eine phagozytäre Tätigkeit aus. Weil sie undifferenziert sind, haben die Mesenchymzellen eine embryonale Entwicklungsfähigkeit, die nicht nur im Aufbaustadium der Pulpa zum Ausdruck kommt, sondern auch in der Gebrauchsperiode der Zähne: Bei Bedarf können aus den Mesenchymzellen alle oben genannten Zelltypen herauswachsen; von Fibrozyten bis Adventitiazellen. Bei Pulpenamputation oder bei der direkten Überkappung werden durch Metaplasie der Pulpenzellen (meist durch die vorhandenen Fibrozyten) neue Odontoblastzellen gebildet, die für die Entstehung einer neuen Dentinschicht sorgen.

Im Aufbaustadium sind die Mesenchymzellen oft in der ganzen Pulpa verteilt, unter ihrer Mitwirkung erfolgt die Differenzierung der einzelnen Zellen und Zellschichten. Im Gebrauchsstadium werden sie immer weniger und ziehen sich in der zentralen Pulpa zurück, wobei sie von ihren embryonalen Fähigkeiten immer mehr verlieren. Trotz zunehmenden Alters bleibt immer noch ein Rest von diesen regenerativen Eigenschaften, was ihr Verhalten bei entzündlichen Prozessen beweist. In diesem Fall werden phagozytäre Zellen differenziert,

die die zellreiche Zone verstärken sollen und sogar selbst in diese Zone nach vorne rücken (Riedel (35)).

Die Entstehung des Zellbestandes und ihre Funktion bleibt immer noch kompliziert, obwohl in der vorliegenden Arbeit versucht wurde, diese einigermaßen zu systematisieren. Der Ausgangspunkt sind die Mesenchymzellen, aber wir wissen, daß es gegenseitige Umwandlungen zwischen den einzelnen Zelltypen gibt, ausgenommen sind die Odontoblastenzellen. Darauf wurde schon bei der Beschreibung der Fibrozyten hingewiesen. Es hängt immer von der gegenwärtigen Situation ab, ob und an welchen Zellen Mangel in der Pulpa besteht. In der Pulpa findet ein ständiger Umbau der Zellen als Reaktion gegen die Reize der Außenwelt statt, der immer im Gleichgewicht gehalten wird. Wenn dieses Gleichgewicht gestört wird, stirbt die Pulpa trotz Fasergewebsbildung ab.

B. Histologische Verteilung dieser Elemente

a) Die Odontoblastenzone

In der Odontoblastenzone sind die Zellen, die im Entwicklungsstadium noch einschichtig waren, nach beendeter Zahnentwicklung in mehreren Reihen aufeinander geschichtet.

Bei zunehmender Dentinbildung wird das Cavum pulpae immer kleiner (das Dentin wächst in die Pulpahöhle hinein) und damit auch die Pulpaoberfläche. Die Odontoblasten rücken in den immer enger werdenden Raum nebeneinander, und durch den bei der Enge auftretenden Innengewebedruck wechseln sie in eine mehrschichtige Lage. Ihr Größenumfang ändert sich nicht, lediglich deformieren sie sich aus einer regelmäßigen Walzenform in einen unregelmäßigen Kolben oder, besser gesagt, in eine Birnenform. Es sind verbreiterte und verengte Partien, wobei der rundlich-ovale Kern basal in der verbreiterten Stelle liegt (Meyer (27)).

Die Odontoblasten haben in zwei Richtungen Fortsätze: den Dentinfortsatz und pulpal den Pulpafortsatz. Der Dentinfortsatz oder die Tomes'sche Faser ist ein sehr langer Zytoplasmaausläufer, der sich von der Pulparegion durch das Dentin bis an den Schmelz zieht. Im Dentin füllen die Tomes'schen Fasern die dazugehörenden Dentinkanälchen voll aus, außerdem haben sie unzählige Seitenzweige in den Seitenkanälchen, wodurch der Fortsatz sehr fest verankert ist. Die Präparation einer Tomes'schen Faser mit den daranhängenden Odontoblasten ist deshalb nicht möglich: beim Herausziehen aus dem Dentinkanal können wir nur ein kurzes Stück von dem abgerissenen Fortsatz sicherstellen. In Richtung Pulpa haben die Odontoblasten öfter auch einen kurzen verästelten Pulpenfortsatz, den man bis in

die Weil'sche Zone mitverfolgen kann. Diese Odontoblastenzellen enden pulpenwärts spitz, während andere, die keine Pulpafortsätze besitzen, mit einer stumpfen Form enden.

Die in der Wurzelpulpa tätigen Odontoblasten sind völlig anders. Der für die Kronenpulpa typische lockere Aufbau ist hier nicht vorhanden, die Odontoblastzellen und ihre Kerne sind viel kleiner und liegen dicht nebeneinander. Die Abgrenzung voneinander ist schwierig. Zwischen den einzelnen Zellen ist kein freier Platz, sie "kleben fast zusammen" (Meyer (27)).

Hauptaufgabe der Odontoblasten ist die Dentinbildung sowie die Ernährung des Zahnbeins. Nach Beendigung der Zahnentwicklung sind die Odontoblasten in der Sekundärdentinbildung beteiligt (Schug-Kösters (38)).

Bei krankhaften Veränderungen in der Pulpa (z.B. Hyperämie, Ödem) reagieren die Odontoblastzellen zuerst mit Bildung einer "irregulären" sekundären Dentinschicht. Bei zunehmendem inneren Druck der Pulpa durch Hyperämie der Gefäße stellen sie ihre Funktion ein, es folgt in den Odontoblasten eine fettige Degeneration und später wird in der ganzen Odontoblastenzone eine vakuolige Degeneration sichtbar (Riedel (35)).

b) Die zellarme Zone

Zwischen der Odontoblastenzone und der zellreichen Schicht liegt die zellarme Zone. Dem Namen nach enthält diese Schicht wenige oder gar keine Zellen. Ihre Breite und Größe ist gleich der Odontoblastenzone. Wie schon vorher erwähnt, wurde beim fibrillären Bestand der Pulpa darauf hingewiesen, daß sich die Weil'sche Zone aus Grundsubstanz und Fibrillärbestand zusammensetzt. In der Weil'schen Zone finden wir freie Fibrillen und Zellenfortsätze: Von der Odontoblastenzone aus bilden die pulpenwärts gerichteten Fortsätze ein starkes Geflecht mit den Protoplasmaausläufern der Pulpazellen der zellreichen Zone. Durch diese Zone ziehen die v. Korff'schen Fasern ins Dentin.

Die Weil'sche Zone ist besonders deutlich in der Kronenpulpa, nur in einzelnen Fällen in der Wurzelpulpa zu erkennen. Dieses Faser- gewebe der zellarmen Zone ist widerstandsfähiger gegen Infektionen, Toxine und Reize, also nicht nur altersbedingt (Riedel (35)).

c) Die zellreiche Zone

Nach Meinung verschiedener Autoren (Meyer (27), Fasske-Morgenroth (13)) ist die zellreiche Zone eine Art Ansammlung von unterschiedlichen Pulpazellen, die man in kleineren Mengen und gleichmäßig verteilt in der zentralen Pulpa wiederfindet. Ihre Aufgabe und Rolle ist im Pulpaleben noch nicht eingehend erforscht.

d) Die zentrale Pulpa

Die zentrale Pulpa hat denselben Zellaufbau wie die zellreiche und zellarme Zone, nur in Beziehung Zellbestand - Faserbestand ist die gleichmäßige Teilung zu betonen. Deshalb sind es relativ weniger Zellen und relativ mehr Fibrillen gegenüber der zellreichen Zone. Im Umfang ist die zentrale Pulpa die größte und breiteste aller Pulpaschichten. Ihre Zellen sind bindegewebige Zellen von unterschiedlichem Differenzierungsgrad (Meyer (27)).

C. Die Vaskularisation der Pulpa

a) Die arterielle Blutversorgung

wird von einem Ast der Alveolararterien gebildet: von der A. alveolaris superior et inferior. Es gibt keinen Kollateralkreislauf in der Pulpa, weil die Pulpaarterien Endarterien sind. Dies hat eine pathomorphologische Bedeutung bei Erkrankung der Pulpa (Riedel (35)). Von der in der zentralen Pulpa gelegenen Arterie gehen fortlaufend weitere Zweige ab, bis diese Abzweigungen die Odontoblastenzone erreichen, in der sie wiederum weitere und noch feinere Ästchen bilden. Im Längsschnitt der Präparate der Molaren sieht man am besten diese "baumkronenartige" Auflösung der Arterien.

Im Großenumfang gibt es Veränderungen von innen zu der Peripherie der Pulpa: Kleinarterien (nahe an der präkapillaren Größe, in der zentralen Pulpa gelegen) → Präkapillaren → Kapillaren (die Odontoblastenzone ist fast erreicht) → "Mikrokapillaren" (in der Odontoblastenzone). Diese feinsten Kapillaren, die "Mikrokapillaren", befinden sich in der Odontoblastenzone an der Pulpenoberfläche und bilden auch an ihrer Grenze, an der Weil'schen Zone, einen dichten Plexus. Im Pulpahorn kann man sie mikroskopisch sehr gut verfolgen.

Diese Oberflächennetzbildung der "Mikrokapillaren" in der Pulpa mündet als lakunäre Erweiterung der vielen Kapillaren in ein meist polygonal oder rundliches Maschenwerk. In diesen Kapillarmaschen liegen gruppenweise von Blut umgeben die Odontoblasten. Dieses Kapillarnetz und die Maschenwerkbildung stellen eine enorme oberflächliche Erweiterung des Blutstroms dar, der dem Stoffwechsel der Odontoblasten und damit des Dentins dient (Fasske-Morgenroth (13)).

Die Mikrokapillaren werden nach G. Fischer (14) bei diesem Stoffwechselvorgang von vegetativen Nervenfasern reguliert, die - auch wie die Gefäße - direkt an den Odontoblasten aus ihren Endigungen einen dichten Plexus bilden. Die Kapillarendigungen und dieser Nervenplexus sind miteinander verbunden und bilden ein

einheitliches Netz um die Odontoblasten: das "vegetative Terminalretikulum".

Alle Kapillaren der Pulpa sehen wir nur bei entzündlichen Stauungsprozessen oder bei histologischen Injektionsverfahren. (Gefärbten Leim in die Gefäße injiziert und andere Methoden.) In normalen, gesunden Verhältnissen ist ein Teil der Kapillaren geschlossen; sie sind deshalb ohne Blutinhalt schwer zu entdecken (Fasske - Morgenroth (13)).

b) Der Venenzusammenfluß

ist in diesem Sinne umgekehrt, neben den arteriellen Anteilen finden wir immer Venen dabei. Das postkapillare Netz der Venen sammelt sich tiefer als das Präkapillarnetz, nahe an der zentralen Pulpa. Es bildet in dieser Pulpaschicht den Hauptteil der hier befindlichen Gefäße. Im weiteren Verlauf sammeln sich die Postkapillaren axial in den Klein- (postkapillaren) Venen der zentralen Pulpa an. Durch das Foramen apicale fließt das venöse Blut in den Vv. maxillares und mandibulares, die weiter in den Plexus pterygoideus einmünden. Diese postkapillaren Venen sind klappenlos (Riedel (35)).

c) Über die Lymphgefäße

wissen wir nicht viel. Nach Meinung Meyers (27) konnte man mit Sicherheit bis jetzt keine Lymphgefäße feststellen. Jedoch vor längeren Zeiten zeigte Schweitzer (39) spärlich ausgebildete Lymphgefäße mit seinem Injektionsverfahren (auch mit Gegeninjektionen der Blutgefäße).

An der Pulpaoberfläche ist die Versorgung der Odontoblasten mit dem Blut der Kapillarmaschen in direktem Kontakt. In der zentralen Pulpa gibt es keine Endkapillaren; es sind nur mittlere und in der axialen Pulpa größere Arterien vorhanden. Um die Ernährung des hier befindlichen Pulpaparenchyms aufrechtzuerhalten, - "der Stoffumsatz geht über seröse Bahnen perivascular und intracellulär vor sich" -, muß nach G. Fischer (14) ein Lymphstrom vorhanden sein. Isokawa (22) hat mit Hilfe von Tuschelösung festgestellt, daß zwar in der Pulpa ein Lymphstrom besteht, aber keine Lymphgefäße. Richtige Lymphgefäße sind außerhalb des Zahnes im Periodontalraum zu finden. In Begleitung der großen Blutgefäße tritt dieser Lymphstrom auf diffusen Wege aus der Pulpa in den Periodontalraum, wo er von den Lymphgefäßen aufgenommen wird.

Balogh und Mitarbeiter (5) fanden in der Pulpa eine "interfibrilläre Kittsubstanz" mit "metachromatischem Anteil" von "schleierartiger Netzform". Dieses "Netz" könnten ein Lymphstrom, sogar feine submikroskopische Lymphgefäße sein, zumal ihm von den Autoren eine Funktion in der Ernährung und dem Stoffwechsel der Pulpa zugeordnet wird.

Häupl (20) hat darauf hingewiesen, daß die Auffassung, die Pulpa sei ohne lymphatische Versorgung, unhaltbar ist. Nach Körner (25) wissen wir, daß das Fehlen der Lymphgefäße oder Lymphspalten zum völligen Stillstand der Zirkulation führen muß.

D. Die Innervation der Pulpa

Über die Innervation, hauptsächlich über die Dentininnervierung, sind zahlreiche wissenschaftliche Arbeiten erschienen, wobei nur am Rande über die Nervenversorgung der Pulpa gesprochen wird. Die innervatorischen Elemente der Pulpa laufen parallel mit den Gefäßen durch das Foramen apicale. Das Bindegewebe der Pulpa ordnet sich um diese Nerven und Gefäße zu Bündeln an.

Wetzel (42) stellte fest, daß nicht immer nur ein Nervenstamm in die Pulpa eintritt. Außer dem N. dentalis magnus existieren Rami dentales minores, d.h. die letzteren ziehen sich durch Nebenkanäle des Foramen apicale in die Wurzelpulpa. Nach einem längeren Stück beginnt eine axiale Auffaserung dieser Nervenfasern (Münch (28)).

a) Die Aufteilung

des Nervenstammes zeigt sich in größtem Umfang in der Kronenpulpa, vorher aber gibt er schon einzelne Äste für die Wurzelpulpa ab. Die Aufgabelung erfolgt wie bei den Gefäßen astförmig bis zu den Odontoblasten oder weiter ins Dentin ziehend. Bevor hier diese Abzweigung zustande kommt, bildet sich zuerst in der Weil'schen Zone und an den Odontoblasten ein Plexus.

Im histologischen Längsschnitt der Molaren sieht man von jeder Wurzel je einen Nervenstamm bis an das Pulpdach laufen, wo sich die Stämme im Raschkow'schen Plexus auflösen. Den letzteren nennt man auch "subodontoblastischen Plexus" oder präzise "Rete subodontoblasticum" (Adler-Záray (2), Keil (23), Rebel (32)).

Zwischen den Odontoblasten und dem Prädentin bilden die Nervenfasern einen zweiten Plexus, der überwiegend aus marklosen Nervenfibrillen zusammengesetzt ist: es ist der Intraplexus oder das Martino'sche Rete nervosum (Balogh und Mitarbeiter (5)).

Berkelbach (8) bezeichnet die Auffaserung des Nervenstammes bis zu seiner endgültigen Auflösung an der Peripherie als Einzel-faserabgabe nicht als dichotome Verzweigung. Diese Abzweigungen laufen zuerst parallel mit dem Stamm, dann nach mehreren Schleifen enden sie in ihrer "Endstellung".

b) Der feinere Aufbau der Nervenfasern

ist erforscht: die Innervation der Pulpa und des ganzen Zahnes erfolgt durch markhaltige und marklose Nervenfasern. Beim Eintritt in die Pulpa sind die marklosen Nervenfasern für die Gefäße und die markhaltigen überwiegend für das Dentin bestimmt.

Das Verhältnis zwischen den marklosen und markhaltigen Fasern ist prozentual von Brashear (10) angegeben worden: die markhaltigen Nervenfasern sind in der Mehrzahl, die marklosen betragen etwa 25%.

Berkelbach (8) unterscheidet zwischen "primären marklosen Nervenfasern" und "nicht mehr markhaltigen" Nerven. Die letzteren verlieren ihr Mark entweder bei der Nervenplexus-Bildung (Raschkow'scher Plexus) an der Peripherie oder kurz vor Eintritt ins Dentin. In ihrem Aufbau sind diese "nicht mehr markhaltigen" Nervenfasern gegenüber den primär marklosen etwas grob und dicker, ihre Imprägnierung (Silberimprägnation) ist nicht gleichmäßig, und bei ihrem Verlauf ist keine Schleifenbildung vorhanden, sondern sie verlaufen eckig.

c) Der Charakter der marklosen und markhaltigen Nerven

Die primär marklosen Nervenfasern sind in der Neurovaskularisation tätig, dementsprechend sind sie von vegetativem Charakter. Der Intraplexus besteht auch aus marklosen Nervenfasern, er dürfte auch zur vegetativen Innervierung gehören. Der Raschkow'sche Plexus und die Auffaserung kurz vor dem Dentineintritt sind von den sensiblen markhaltigen Nervenfasern gebildet worden (Balogh und Mitarbeiter (5)).

Münch und Kluczka (29) haben besonders schöne Präparate von den markhaltigen Nerven kurz vor dem Dentin gemacht: sie verlieren ihr Mark (nicht mehr markhaltige Nervenfasern!), und in mehreren Fibrillen aufgefasert treten sie ins Dentin. Hier muß man noch bemerken, daß diese kurze Auffaserung der markhaltigen sensiblen Fasern am Dentin mit dem Intraplexus nicht identisch ist, sie ist für das bessere Eindringen ins Dentin aufgelöst worden. Zerosi (43) erwägt die Möglichkeit des Vorhandenseins eines "sympathischen Grundplexus" neben der vegetativen und sensiblen Innervierung.

Tore Arwill (4) hat eine groß angelegte Untersuchung über die Innervation der Pulpa und über die Auffaserung des Nervenstammes gemacht. Bei den durchgebrochenen Zähnen in der Pulpa sind im allgemeinen die Nervenfibrillen gut von den Retikulinfasern zu differenzieren. Diese Fibrillen bestehen aus marklosen und mark-(myelin)haltigen Nervenfasern. Die größte Gruppe der marklosen Nervenfasern, die sich in der Neurovaskularisation betätigen, ist von auto-

nomem (vegetativem) Charakter. Diese Hypothese bekräftigen die elektronenmikroskopischen Ergebnisse: von den marklosen Nerven gehen feine, submikroskopische Fibrillen in das Endothel und in den Muskelring der Media der Gefäße hinein. Die anderen marklosen Nerven (vermutlich die "nicht mehr markhaltigen Fasern") laufen entgegen den vegetativen Fasern in den größeren Nervenbündeln mit den markhaltigen Fasern zusammen bis zu der Pulpaperipherie und von hier aus zweigen sie ab. Die elektronenmikroskopischen Aufnahmen vom Nervenstamm zeigen, daß in ihm diese marklosen Fibrillen extra in der Mitte, abgesondert von den übrigen markhaltigen Fibrillen liegen; sie kommen dann bei ihrer Abzweigung an die Oberfläche der Nervenbündel.

Nach seiner Beobachtung gibt es von der Endaufgabelung dieser marklosen Fasern aus dem Nervenstamm keinen inter- oder supradontoblastischen Plexus (Intraplexus). Über die markhaltigen Nervenfasern und deren Eigenschaften als sensible Innervierung gibt der Autor keinerlei Angaben.

G. Fischer (14) unterscheidet vegetative und sensible Nervenfasern in der Pulpa. Die sensiblen Nervenfasern gehen durch die Odontoblastenzone, die vegetativen Neurofibrillen enden in einem Plexus. Diese "vegetativen Nervenetze umspinnen ebenso wie die Ultrakapillaren (Mikrokapillaren) vom Gefäßnetz jede einzelne Odontoblastenzelle und vermitteln dadurch den feineren Stoffwechsel" - zwischen Pulpa und Dentin. Dieses feine Fasernetz nennt G. Fischer nach Ph. Stöhr (41) "vegetatives Terminalretikulum".

Der vegetative Plexus bildet mit dem mikrokapillaren Plexus (wie schon bei der Vaskularisation erwähnt wurde) eine Einheit, sie sind miteinander "innig verflochten".

Die Neurovaskularisation und dadurch auch der Stoffwechsel der Odontoblasten kann "segmental" begrenzt sein, es sind aktive und inaktive "nervale Zonen" in Betätigung. Durch diese segmentalen Nervenzonen "können sogar einzelne (Kapillaren) Schlingen reagieren und so am Dentin eine elektive Leistung zum Ausdruck bringen..." Deshalb sieht man in der Pulpa leistungsfähige und erkrankte Gebiete nebeneinander liegen: z. B. entzündete (oder ödematische) abwechselnd mit normalen gesunden Bezirken in der Odontoblastenschicht. Wenn aber alle Segmente von Entzündung (oder Ödem usw.) betroffen werden, dann breitet sich in diesem Fall die lokale (partielle) Entzündung auch in der Tiefe in eine totale Pulpitis aus.

"Die Odontoblastenzelle ... wird zu einem Regulationsorgan der Dentinbildung", der Ernährung der Zahnhartsubstanzen und wirkt "vielleicht im Sinne einer vom vegetativen Nervensystem versorgten Schaltstelle".

Nach G. Fischers Erörterungen (14, 15) finden wir nähere Angaben über die vegetativen Fasern, aber er geht nicht auf die Problematik der marklosen und markhaltigen Fasern ein: entgegen anderen Autoren haben die sensiblen Nervenfasern mit der Pulpainnervierung seiner Meinung nach nichts zu tun, sie sind für das Dentin da.

Über die sensiblen Nervenfasern hat Meyer (27) schon vor anderen Autoren (Balogh und Mitarb. (5); Münch-Kluczka (29)) festgestellt, daß diese im Dentin oder im Raschkow'schen Plexus enden. Der Raschkow'sche Plexus wirkt wie eine "Antenne" gegenüber den Kaueffekten.

d) Die Nervenendigungen in der Pulpa

kann man auch gruppieren. Die vegetativen Nervenfasern verlaufen mit ihren Endigungen in den Gefäßwänden (Arwill (4), G. Fischer (15)) und im Intraplexus (Balogh und Mitarb. (5)). Bei den sensiblen Nerven nach Meyer (27) und Arwill (4) wissen wir, daß die bis dahin markhaltigen Fasern im Raschkow'schen Plexus ihre Markscheide verlieren, dann im weiteren Verlauf ihr Neurilemm. Als freie Nervenendigungen verlaufen sie entweder in der Pulpaperipherie oder als marklose Nervenfibrillen im Dentin.

Münch und Kluczka (29) haben histologisch mehrere Typen von Nervenendigungen festgestellt; neben den vasokonstriktorischen und sensiblen Nervenstämmen sind diese "nervalen Endorgane" als Schmerzrezeptoren zu betrachten. Sie sind ähnlich wie die oftmals beschriebenen Ruffini'schen Körperchen: Endkolben, Endbüschel, Endplatten und Endschlingen. Außerdem ist es den Autoren gelungen, einzelne Nervenzellen in der Pulpa zu färben, allerdings in der Milchzahnpulpa: es ist ein der Ganglienzelle ähnlicher Zelltyp. In den permanenten Zähnen sind sie dagegen nach der Literatur nicht zu finden.

Die sensiblen Nervenendigungen oder Schmerzrezeptoren haben bei verschiedenen Reizen nur eine einfache Empfindungsmodalität: die Schmerzempfindung. Nach Münch und Schrievera (30) Einteilung gehören die Zahnschmerzen zum barypathischen Schmerzsystem. Dabei ist nicht gesagt worden, ob die Schmerzregistrierung in der Pulpa, nur in den Zahnhartsubstanzen oder im gesamten Zahn vor sich geht.

Außer Schmerzreizen bestehen Kalt- und Warmempfindungen. Die Druckempfindlichkeit entsteht nach den heutigen histologischen Beweisen nicht im Zahn, sondern im Parodontium. Wie die Pulpa diese thermischen Reize empfindet, die durch Schmerzwahrnehmung gezeigt werden, ist noch zu klären (nach Kreter (26)).

e) Die Odontoblasten und die Tomes'schen Fasern in der Dentinnervation

Der weitere Verlauf der Nervenfasern an der Pulpa-Dentingrenze ist wegen der vielen verschiedenen Beobachtungen umstritten. Das Eindringen der freien Nervenfibrillen ins Dentin ist immer noch nicht einwandfrei erwiesen, deshalb sollen hier die verschiedenen Meinungen zusammengefaßt werden.

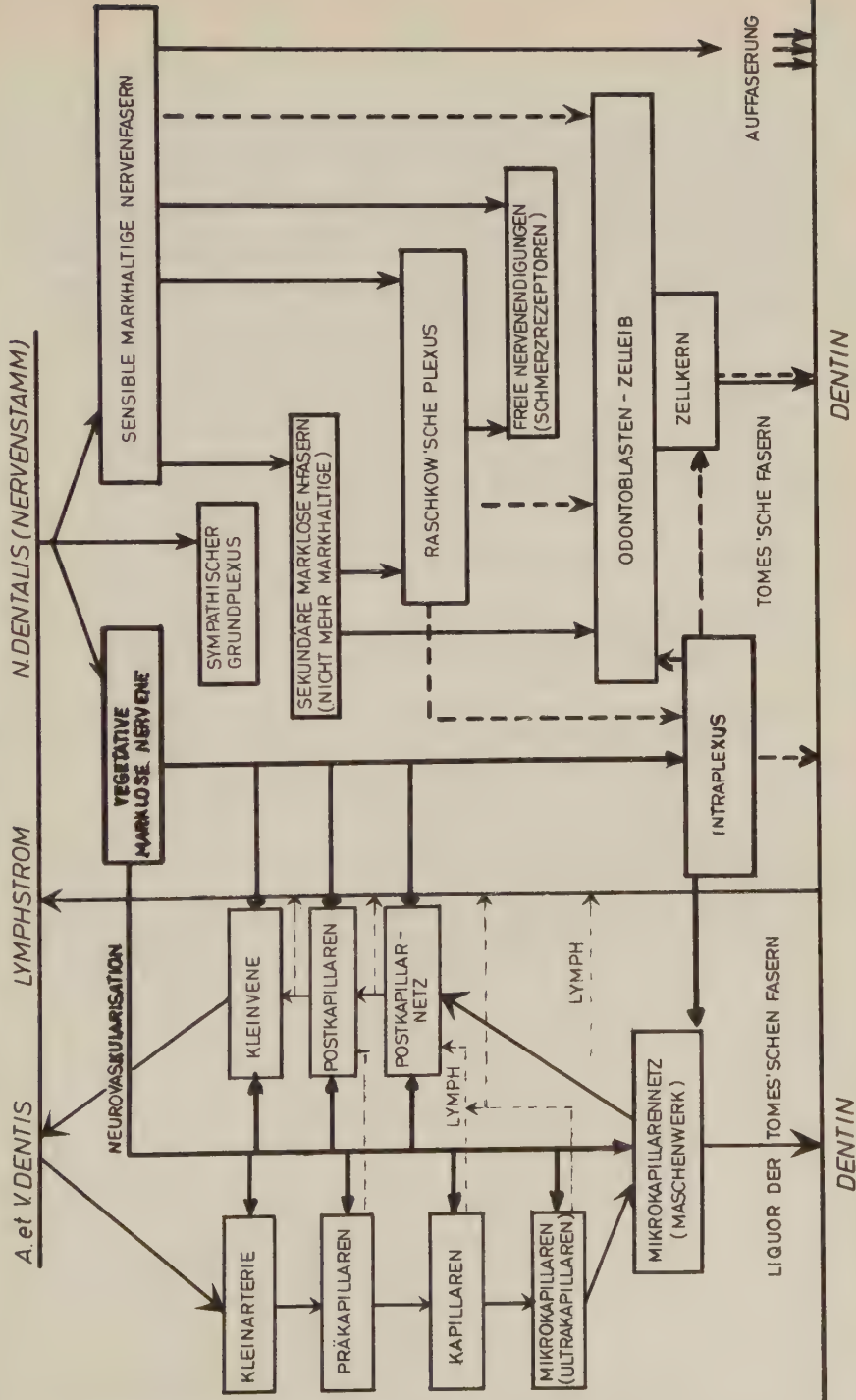
Nach Fasske und Morgenroth (13) können histologisch die Nervenfibrillen sicher bis zu der Odontoblastenzone verfolgt werden. Weiter haben sie beobachtet, daß einzelne Nervenfasern mit den Tomes'schen Fasern ins Prädentin mitlaufen. Die Nervenfibrillen zweigen im ersten Drittel der Prädentinschicht von den Tomes'schen Fasern ab und bilden einen zurücklaufenden Bogen, der bis in die Pulpa reicht. Ob die Nervenfasern zusammen mit den Odontoblastfortsätzen weiter tiefer ins Dentin laufen, und ob dieser rücklaufende Bogen nur eine Abzweigung ist, läßt sich nicht feststellen. Die bei den verschiedenen Färbungen nachgewiesenen Argyrophilfasern werden als Kunstprodukt der Tomes'schen Fasern angesehen.

Arwill (4) hat die über die Innervation geschriebene Literatur zwischen 1849 und 1958 ausgewertet und mit seinen eigenen Untersuchungen verglichen. Dabei ist er auf meist negative Ergebnisse gekommen: in der Pulpa (bei Zähnen zwischen 14 und 65 Jahren) hat er nirgends engere Kontakte zwischen den Odontoblasten und Nervenfasern gefunden. Im Prädentin sieht man gelegentlich Nervenfibrillen, die aber keinesfalls in Verbindung oder in Begleitung mit den Tomes'schen Fasern vorkommen. Im mineralisierten Dentin sind ebenfalls keine Nervenfasern beobachtet worden.

Bock (9) behauptet, daß die Odontoblasten noch eine Art Verbindungsaufgabe haben. Er fand argyrophile Fasern in den Dentinkanälchen, aber nur vereinzelt, und diese sind nicht ausreichend zur allgemeinen Innervation.

In der Odontoblastenschicht treten vom Intraplexus einzelne marklose Fasern in die Zellen ein, ihre Endaufgabelung (Endigung) reicht bis an den Zellkern. Dadurch, daß die Odontoblastenfortsätze im Verlauf radiärer Richtung in das Dentin und darüber hinaus in großer Zahl im Schmelz enden, werden die von ihr aufgefangenen Reize über die Odontoblasten in der Reihenfolge weitergeleitet: Dentin - Tomes'sche Fasern - Odontoblastzellen - im Zellinneren Umschaltung zu der Nervenendigung - Nervenfasern. Die thermisch-mechanischen Reize werden in Form einer Schmerzempfindung durch eine Vermittlungsstelle (Odontoblasten) zu den im Pulpainneren liegenden Nervenfasern weitergeleitet.

Keil (23) teilt die Meinung von Berkelbach (7), wonach viele Nervenfibrillen intrakanalikulär ins Dentin treten, und parallel laufend mit den Tomes'schen Fasern "mit Endösen" an der Schmelz-Dentin-Grenze des Zahnes enden. Die Odontoblasten spielen nur als



"Geleitzellen" (Gliazellen oder Neuroglia) eine Rolle, deren Tomes'sche Fortsätze "zur Anlagerung oder Einlagerung" der Nervenfasern dienen: "die Endösen, und nicht die Odontoblastenausläufer gelten als das perzipierende Element." Der praktische Zahnarzt hat dafür Beweise, wenn er an der Dentin-Schmelz-Grenze Kavitätenpräparation vornimmt; erhebliche Schmerzempfindung der Patienten.

Wir können die oben genannten vielen Theorien und Meinungen in einer von Kreter (26) aufgestellten Klassifikation der verschiedenen Grundauffassungen hineinfügen. Nach Kreter verteilen sich diese Grundauffassungen in folgende Richtlinien:

- a) Die Nervenfasern aus der Pulpa durchdringen das Prädentin und das Dentin, wobei diese Fasern
 1. zusammen mit den Tomes'schen Fortsätzen (siehe Fasske-Morgenroth (13); Rebel (33); Münch-Kluczka (29); Keil (23)),
 2. getrennt in eigenen Kanälen,
 3. unabhängig von dem Kanalsystem in der Dentin-Grundsubstanz verlaufen.
- b) Die Nervenfasern von den Nervenbündeln der Pulpa treten ins Prädentin, aber nicht in das mineralisierte Dentin (siehe Arwill (4)).
- c) Die Nervenfasern der Nervenstämmе der Pulpa dringen in die Odontoblastenzone, aber nicht in das Prädentin, wobei sie
 1. die Odontoblasten innervieren (siehe Bock (9)),
 2. die Odontoblasten nicht innervieren (siehe Arwill (4)).

Im Einvernehmen mit Keil (23) können wir sagen, daß die intrapulpare und die gesamte intradentale Nervenversorgung in einem System mit den Nervenendigungen im Parodontium und in der Gingiva ist. Dies beweisen die extradentalen Reizüberleitungen von der Zahnumgebung im Falle unterschiedlicher (z.B. mechanischer, thermischer, chemischer) Einwirkungen.

II. ARBEITSMATERIAL UND METHODE

Arbeitsmaterial:

Für die Pulpafärbungen wurden frisch extrahierte Molaren mit vitaler Pulpa verarbeitet. Für die Fettfärbungen sind ausschließlich Zähne mit Caries profunda und media verwendet worden. Bei der Blockimprägnation wurden vergleichsweise auch einzelne Frontzähne vom Unterkiefer untersucht.

Methode:

In den folgenden Punkten wird versucht, den Werdegang der histologischen Bearbeitung der Zahnpulpa bis zur Auswertung zusammenzufassen. Da jede Färbemethode mit ihren Färberezepten und deren Auswertung charakterisiert wird, mußte man einheitlich die Nomenklaturen und die zur Untersuchung kommenden anatomischen Details festlegen.

1. Die Fixierung erfolgte in 10%iger Formol-Lösung 5-8 Tage lang.
2. Die Entkalkung: 5-8 Tage lang in 5%iger Salpetersäure, 24 Std. in 5%iger Natriumsulfatlösung, 24-48 Std. gründlich auswaschen.

Wegen der starken Quellung des kollagenen Bindegewebes mußte eine Neutralisation (Kollagenhärtung) mit Natriumsulfat vorgenommen werden. Als weitere Einwirkung durch Salpetersäure ist der Verlust der Schmelzschicht der Zähne im Laufe des Entkalkungsprozesses zu erwähnen. Bei der de Castro-Färbung erfolgte die Fixierung und Entkalkung in einem Schritt, der bei der Rezeptur ausführlich beschrieben wird.

3. Schnittherstellung: Für die mikroskopischen Untersuchungen sind nur Gefrierschnitte hergestellt und in destilliertem Wasser aufgefangen worden.
Die Präparate wurden durchschnittlich 20 μ dünn geschnitten, und das Vierfache, 80 μ , konnte man für die erforderliche Stärke der Gefäßnetzdarstellung erreichen.
4. Färbematerial: Die Lösungen sind teilweise selbst hergestellt oder vom Handel fertig bezogen worden.
5. Vorfärbung, Vorbereitung: Wegen der Formalinfixierung wurden manchmal Beizmittel benötigt, um die Schnitte zur optimalen Färbung vorzubereiten. Das gilt auch für andere Farbstoffe.

Als vorbereitende Maßnahme werden bei einzelnen Methoden die Präparate anstatt mit Beizmitteln nur mit destilliertem Wasser

behandelt (je nachdem bis zu 30 Min.). Bei Schnittherstellung werden sie im dest. Wasser aufgefangen, aber hier wird ausdrücklich nochmals darauf hingewiesen.

6. Die Färbung: Aus der Literatur sind verschiedene Färberezepte der allgemeinen Histologie gesammelt und ausprobiert worden. Der größte Teil davon ist ausschließlich für Paraffin- und Zelloidin-Einbettungen und nicht für Gefrierschnitte angegeben, deshalb waren Probefärbungen notwendig. In diesen Probefärbungen wurden einzelne Zahnschnitte verbraucht, danach sind die Rezepte speziell für die Pulpa geändert und neu geschrieben worden.

Bei der Erprobung sind in erster Linie

- a) die Zeitangaben geändert, bis eine gute Färbung zustande gekommen ist, wenn nicht, dann wurde
- b) die Konzentration der Farblösung geändert oder
- c) andere Farbstoffe verwendet.

Nach Anfertigung der neuen spezifischen Verfahrensmethoden wurden nach diesen Rezepten 5-10 Schnitte für die Auswertung gefärbt.

Bei den Färbemethoden werden die Rezepte in der Reihenfolge der eigentlichen Färbung zusammengefaßt. Diese Reihenfolge besteht aus verschiedenen großen Gruppen:

- a) Grundfärbung - die alkoholische oder wäßrige Lösung ist prozentual angegeben.
- b) Gegenfärbung - die alkoholische oder wäßrige Lösung ist prozentual angegeben.
- c) Differenzierung - meist mit alkoholischer Lösung, prozentual angegeben.
- d) Abspülen, Auswaschen - die Bezeichnungen wie Aqua dest.; dest. Wasser; Leitungswasser; ohne Zeitangabe bedeutet entweder kurze Abspülungszeit oder aber es bleibt dem Histologen überlassen.
- e) Dehydrieren - in Alkoholreihe, ab 70%igem Alkohol bis abs. Alkohol. Als letzter Schritt wird zur Entwässerung Karbolxylol benutzt:
3 Teile Xylol + 1 Teil Karbol (aus Acid. carbolic. crystall.).
Bei Xylol-Anwendung schrumpft die Pulpa stärker als das Dentin, sie reißt ab, deshalb ist das weniger hygroskopische Karbolxylol nach der Alkoholreihe zu verwenden.
- f) Aufhellen - mit Origanumöl oder Terpeneöl.
- g) Einschließen - in Kanadabalsam oder wie bei der Fettdarstellung in Glyzeringelatine.

7. Bemerkung zur Färbung: Hier wird auf besondere Umstände und histotechnische Probleme bei der Färbung und auf die Zusammensetzung der Lösungen hingewiesen. Die in der Vorfärbung, Vorbereitung (Punkt 5) verwendeten Lösungen und Chemikalien sind auch hier erwähnt.

8. Die Auswertung:

a) Die Mikroskopie:

1. Die Vergrößerungen für die allgemeine Auswertung waren

100fach (10x10)

200fach (10x10x2)

für einzelne anatomische Gebilde: 430fach (43x10)

930fach (93x10)

2. Zur Auswertung der Fluoreszenzfärbung wurde das Forschungsmikroskop "Adolux" von der Fa. Leitz mit automatischer Aufsatzkamera "Orthomat" verwendet.

Technische Daten: Quecksilberdampf, Höchstdrucklampe Philips CS 175, UVT-Filter "Schott" UG 1 2,5 mm bzw. "Schott" Blaufilter BG 3 4,0 mm, in Verbindung UVA "Berud" Sperrfilter GG 9 bei Untersuchung im UV und OG 1 bei Untersuchung in Blaulicht, unter Einschaltung des Wärmeschutzfilters Blau BG 38.

3. Über die Mikrophotogramme werden bei den Illustrationen nähere Angaben gemacht. Die Aufnahmen wurden mit dem "Photomikroskop" der Firma C. Zeiss gemacht.

b) Auswertung der Präparate:

Die zur Auswertung in Betracht kommenden anatomischen Anteile der Pulpa sind der Zellbestand, Faserbestand, Gefäße und Nervenfasern. Die Grundsubstanz wird nicht besonders gewertet, da sie als die Grundfärbung die einzelnen Präparate darstellt. Zum Vergleich wird das Dentin auch gewertet.

Die nach histologischen Schichten angewandte Auswertung ist nicht brauchbar, weil diese nicht immer vorhanden sind (z. B. Weil'sche, zellreiche Zone). Die bei mikroskopischer Färbungsauswertung beobachteten anatomischen Anteile sind:

1. Dentin - Prädentin
2. Odontoblasten - Die Odontoblastzellen werden vom Zellbestand absondriert betrachtet
3. Kollagenfasern
4. Retikulin- (Gitterfasern) oder Argyrophilfasern (in Silberimprägnation)
5. Gefäßelastika - Die elastischen Elemente in Gefäßwand
6. Erythrozyten

7. Nervenfasern

8. Zellbestand - Außerdem Odontoblasten werden im Pulpa-
strom befindliche Zellen geprüft. Wenn eventuell die De-
markierung zellarme - zellreiche Zone sichtbar ist, dann
wird die zellreiche Zone mit dem übrigen Zellbestand zu-
sammen gewertet. Um die Untersuchung zu beschleunigen,
wurden die Fibrozyten und ihre Fortsätze näher beobachtet.

Bei der Auswertung werden mehrere Farbtöne wegen der Auf-
teilung, Auffaserung und Verkleinerung der einzelnen anatomi-
schen Anteile angegeben. (Z. B. Nervenstamm - Nervenfasern -
Nervenfibrillen - Endigungen usw.).

Bei solchen Auswertungen, bei denen einer der genannten Punkte
fehlt, bedeutet das, daß diese anatomischen Gebilde entweder
schlecht, nicht gefärbt sind, oder aber fehlen. (Z. B. Fehlen
von Kollagenfasern, Retikulinfasern usw.).

9. Bemerkung zur Auswertung: Neben der Auswertung
nach Farbe wird die Schärfe einzelner Gebilde besprochen, und
zwar in besonderem Hinblick auf die oft nicht sichtbaren anatomi-
schen Bestandteile der Pulpa und deren schöne Darstellung.
(Z. B. Nervenendigungen, Mikrokapillaren usw.).
10. Zur Beschreibung der Färbemethoden: Die histo-
technischen Methoden sind nach dem Prinzip ihrer speziellen,
darstellenden Einwirkungen zusammengestellt: Übersichtsfärbun-
gen, Spezialfärbungen für die Darstellung von Kollagen-, Reti-
kulinfasern, Elastika, Silberimprägnierungen, Gefäßnetzdar-
stellung und Fettfärbungen.
- Die Beschreibung der einzelnen Färbemethoden besteht aus den
Farbrezepten (wie Punkte 6, 7) und aus den Auswertungen (wie
Punkte 8, 9): Zur besseren Übersicht wird diese Einteilung
jedesmal wiederholt.

Tabelle 2

Übersicht der in dieser Arbeit verwendeten Farbstofflösungen und Chemikalien

Name des Farbstoffes oder der Lösung	Zusammensetzung	Verwendung in der Pulpadarstellung
1. Alk. Ph. - Wolfram- säure	1%ig, in abs. Alkohol	Differenzierung u. Kollagenfärbung
2. Alk. Ph. - Molybdän- säure	1%ig, in abs. Alkohol	Differenzierung u. Kollagenfärbung
3. Alkoholreihe	von 50%, 70%igem bis abs. Alkohol	Dehydrieren oder einzeln für Diffe- renzierung
4. Ammoniak-Alkohol	Ammoniak + 96%iger Alkohol	Beizung, Differen- zierung
5. Ammoniak-Silber- lösung (Gros- Schultze)	20% Silbernitrat + 25%iges Ammoniak	Nervendarstellung
6. Ammon. Silberlösg. (Kombinierte Fär- bung)	Silbernitrat + Ammoniak + Na-Karbonat + dest. Wasser	Argyrophilfasern, Bindegewebsim- prägnation
7. Ammoniak-Wasser	Ammoniak + dest. Wasser: 2 ml + 8 ml oder 1 Tropfen + 100 ml	Differenzierung, Reduktion
8. Anilinblaulösung	Anilinblau + Orange G + dest. Wasser + Eisessig	Kollagenes Binde- gewebe
9. Anilinblaulösung	Anilinblau + Oxalsäure + Ph. Molybdänsäure + Aqua dest.	Kollagenfärbung, Bindegewebsfärbung
10. Azokarmin	Azokarmin G + dest. Wasser	Kernfärbung
11. Azophloxin	Azophloxin + Aqua dest. + Eisessig	Plasmafärbung (Zytoplasma)
12. Benzidinlösung	Benzidin + abs. Alkohol + Nitroprussidnatrium + dest. Wasser	Gefäßnetzfarbung, (in Peroxydase- reaktion)
13. Bergamottöl		Aufhellen
14. Bielschowsky- Lösung (ammon. Silberlösung)	Silbernitrat + Natron- lauge + Ammoniak + dest. Wasser	Nachversilberung, Argyrophilfasern (Bindegewebe)

Tabelle 2 (Fortsetzung):

Name des Farbstoffes oder der Lösung	Zusammensetzung	Verwendung in der Pulpadarstellung
15. Eosinlösung	1%ig, aus 70%igem Alkohol	Beizmittel, Plasma und Zwischenstruk- tur (Bindegewebe)
16. Eisenalaunlösung (Gömöri)	2%ig (Eisenamm.- Sulfat)	Kern- und Bindege- webefärbung, Sensi- bilisierung für Sil- berimprägnation
17. Eisenalaunlösung	2,5%ig, in dest. Wasser	Bindegewebe und Nervenfaserfärbg.
18. Eisessig-Alkohol	1%ig, in 96%igem Alkohol	Gegendifferenzie- rung, Aufhebung der Differenzierung
19. Essigsäure	1%ig, in dest. Wasser	Differenzierung
20. Essigsäure-Alkohol	2%ig, in 70% oder 96%- igem Alkohol	Differenzierung
21. Erythrosinlösung	Erythrosin + Aqua dest. + Formol	Plasma u. Zwischen- strukturfärbung
22. Formollösungen (in der Färbung)	Formol (40%ig) + dest. Wasser, in 1:4- oder 1:9-Verdünnung	Reduktion
23. Formollösung, gepufferte	Formol + Na-Karbonat	Reduktion
24. van Gieson-Gemisch	Pikrinsäure + Säure- fuchsin (wäßrig)	Bindegewebe und Kollagenfasern
25. Goldchloridlösung	0,2%, wäßrig	Tönung, Aufhel- lung, Vergoldung
26. Goldchlorid, saures	Goldchlorid + dest. Wasser + Eisessig	Tönung, Aufhellung u. Schärfung für Faserbestand
27. Gömöri-Lösung (Silberlösung)	Silbernitrat + K. - Hydroxyd + Ammoniak + Aqua dest.	Argyrophilfasern, Bindegewebsver- silberung
28. Häkalaun, saures (n. P. Mayer)	Kalialaun-Hämatein	Kernfärbung
29. Hämatoxylin (reines)	Hämatoxylin + 96% Alko- hol + dest. Wasser - Reifung	Kernfärbung
30. Hämatoxylin nach Delafield	Ammoniakalaun - Häma- tein	Kernfärbung

Tabelle 2 (Fortsetzung)

Name des Farbstoffes oder der Lösung	Zusammensetzung	Verwendung in der Pulpadarstellung
31. Kaliumbichromat	3%ig, wäßrig	Beizmittel nach Formalinfixierung, Entfärbung
32. Kaliummetabisulfat	1-3%ig, wäßrig	Entfärbung vor Silberimprägnation, Reduktion
33. Kaliumpermanganat	1%ig, wäßrig	Oxydieren, nach Formolfixierung
34. Karbolxylol	Xylol + Karbol, 3:1	Dehydrieren
35. Kernechtrot-Al.-Sulfat	Kernechtrot + Al.-Sulfatlösung (wäßrig)	Kernfärbung
36. Kongorot nach Matsuura	Kongorot + 90% Alkohol	Kern, Gefäßelastika, Bindegewebefärbung
37. Lichtgrün	Lichtgrün SF + Eisessig + Aqua dest.	Kollagenfasern (Zytoplasmafortsätze)
38. Malbry-Lösung	Anilinblau + Orange G + Oxalsäure + dest. Wasser	Kollagenes Bindegewebe
39. Natriumthiosulfat	1%ig, 5%ig, wäßrig	Fixierung nach Vergoldung
40. Nilblausulfat	wäßrig, gesättigt	Fettdarstellung
41. Orange G	2%ig, wäßrig	Plasmafärbung (Bindegewebe)
42. Orcein nach Fränkel	Orcein + 70% Alkohol + HNO ₃	Gefäßelastika, Retikulinfärbung
43. Orcein (kombinierte Färbung)	Orcein + Salzsäure-alkohol	Gefäßelastika, Retikulin
44. Origanumöl		Aufhellen der Präparate
45. Perhydraulösung	abs. Alkohol + Eisessig + Perhydrol; Nitroprussid-Na + Aqua dest.	Peroxydasereaktion, Gefäßnetzdarstellung
46. Perjodsäurelösung	0,5%, wäßrig	Oxydation

Tabelle 2 (Fortsetzung)

Name des Farbstoffes oder der Lösung	Zusammensetzung	Verwendung in der Pulpadarstellung
47. Pikrinsäurelösung	konzentriert, wäßrig	Beizmittel
48. Pikrofuchsin- Indigokarmin- lösung	Pikrinsäure + Säure- fuchsin + Indigokarmin	Kernfärbung (Bindegewebe)
49. Phosphormolybdän- säure	1%ig, 5%ig, wäßrig	Differenzierung und Beizung
50. Phosphorwolfram- säure	5%ig, wäßrig	Beizung, Entfärbung
51. Phosphorwolfram- säure - Orange G	Phosphorwolframsäure + Orange G + Aqua dest.	Gleichzeitige Dif- ferenzierung und Entfärbung
52. Pyridinlösung	unverdünntes Pyridin	Bleichung, Entfärbung
53. Pyridin-Alkohol	1:1-Mischung	Beizmittel, Entfärbung
54. Pyrogallussäure	Pyrogallussäure + Formol + dest. Wasser	Reduktion
55. Resorcinfuchsin nach Weigert	Resorcin + Säurefuch- sin	Gefäßelastika, Retikulinfärbung
56. Safranlösung	Safran + Leitungs- wasser + Formol + wäßrige Tanninlösung	Kollagenfasern
57. Salzsäurealkohol	1% HCl, in 70%igem Alkohol	Differenzierung (bei H. E. - Färbung)
58. Säurefuchsin	0, 1%ig, wäßrig	Kernfärbung
59. Silbernitratlösung	2%ig oder 20%ig, wäßrig	Vorversilberung, Argyrophilfasern, Bindegewebsversil- berung, Nerven- fasern
60. Sudan III	Sudan III + 70%iger Alkohol	Fettfärbung
61. Sudan IV (Scharlachrot)	Scharlachrot + Alkohol- Azeton	Lipoide und Neutral- fette

Tabelle 2 (Fortsetzung)

Name des Farbstoffes oder der Lösung	Zusammensetzung	Verwendung in der Pulpadarstellung
62. Terpeneol		Aufhellen der Präparate
63. Thioninlösung	50%ige alk. Lösung + Aqua dest. + Am- moniak	Kern-, Dentin-, Markscheiden- färbung
64. Thioflavinlösung	Thioflavin S + dest. Wasser (1 : 10 000)	Gefäßnetz- fluoreszenz
65. Weigert'sche Lösung	Hämatoxylin + 96%iger Alkohol + Eisenchlorid + offiz. HCl + Aqua dest.	Kern- und Binde- gewebsfärbung

III. DIE FÄRBEMETHODEN UND IHRE AUSWERTUNGEN

A. DIE ÜBERSICHTSFÄRBUNGEN

1. Hämatoxylineosin-Färbung

Färbung:

1. Färben in Hämatoxylin nach Delafield, 5 Min.
2. Differenzieren in HCl-Alkohol, 2-3 Sek.
3. Blauen (auswaschen) in Leitungswasser bis 30 Min.
4. Eosinfärbung 2 Min.
5. Abspülen in dest. Wasser
6. Entwässern (Alkoholreihe), Karbolxylol, Balsameinschluß.

Bemerkung zur Färbung:

- Zu 1. Hämatoxylin nach Delafield ist fertig vom Handel bezogen.
Zu 2. Bei Überfärbung wird Salzsäurealkohol verwendet: 1% HCl in 70%igem Alkohol.
Zu 3. Die Präparate werden bis zur intensiven Blaufärbung in Leitungswasser gewaschen, ca. 30 Min.
Zu 4. Eosinlösung: 1%ige alkoholische Eosinlösung (aus 70%igem Alkohol).

Auswertung:

1. Dentin: violett, Prädentin: hellrot
2. Odontoblasten: violett mit dunkelblauen Kernen
3. Retikulinfasern: hellviolett
4. Kollagenfasern und Gefäßelastika: rötlich
5. Erythrozyten: hell- oder leuchtendrot
6. Nervenfasern: rötlich bis dunkelviolett
7. Zellbestand: blauviolette Zellkerne, Plasma: rosa, Fibrozytenfortsätze: dunkelblau-violett

Bemerkung zur Auswertung:

Die Färbung ist zur Übersichtsdarstellung besonders geeignet. Gut sind Zellen und Gefäße zu erkennen. Farbequalität der Nervenfasern sowie der Fibrillen ist nur mittelmäßig.

2. Weigert'sches Eisenhämatoxylin

Vorbereitung:

Schnitte gründlich in dest. Wasser auswaschen.

Färbung:

1. Weigert'sche Lösung 1-2 Min.
2. Blauen in Leitungswasser
3. Entwässern (Alkoholreihe), Karbolxylol
4. Einschluß in Kanadabalsam

Bemerkung zur Färbung:

Zu 1. Weigert'sches Eisenhämatoxylin besteht aus zwei Stammlösungen.

Stammlösung "A": 1 g Hämatoxylin in 100 ml 96%igem Alkohol.

Stammlösung "B": 4 ml Liquor ferri sesquichlorati, 1 ml offiz. Salzsäure, 95 ml dest. Wasser (oder 1,16 g Eisenchlorid, 98 ml dest. Wasser und 1 ml offiz. Salzsäure).

Die Lösungen "A" und "B" sind getrennt lange haltbar.

Zur Färbung: Mischung von A und B zu gleichen Teilen in 5-10 ml Menge, gleich vor Gebrauch. Nicht lange haltbar (bis zu einer Woche), deshalb vor Färbung immer frisch zusammenmischen.

Zu 2. Differenzieren in 0,1%igem HCl-Alkohol, aber meist braucht man das nicht, es ist genügend mit Leitungswasser zu blauen (1/2 Stunde).

Auswertung:

1. Dentin: blaugrau, Prädentin: hellgrau
2. Odontoblasten: blauviolett
3. Kollagenfasern: violett
4. Retikulin: braun, graubraun
5. Gefäßelastika: braun, dunkelbraun
6. Nervenfasern: braunschwarz, schwarz
7. Erythrozyten: braunschwarz
8. Zellbestand: rostbraune Kerne (Fibrozyten) mit hellbraunen Fortsätzen

Bemerkung zur Auswertung:

Im Gegensatz zur Hämatoxylin-Eosin-Färbung zeigt diese Übersichtsfärbung die nervösen Elemente besonders instruktiv. Sowohl der Raschkow'sche Plexus wie auch einzelne Fibrillen und Endkolben sind zu erkennen. Auch die Fortsätze der Fibrozyten kommen gut zur Darstellung.

3. Heidenhain'sches Eisenhämatoxylin

Vorbereitung:

Schnitte in dest. Wasser gründlich auswaschen.

Färbung:

1. Färbung in 2,5%iger Eisenalaunlösung, 15 Min.
2. Dest. Wasser
3. Hämatoxylin (mit der gleichen Menge Aqua dest. verdünnt)
15 Min.
4. Differenzierung in der einmal benutzten 2,5%igen Eisenalaunlösung, 1-2 Min.
5. Leitungswasser oftmals gewechselt, gründlich auswaschen, mikroskopische Kontrolle - mögliche Enddifferenzierung
6. Alkoholreihe, Karbolxylol
7. Einschließen in Kanadabalsam

Bemerkung zur Färbung:

Zu 1. Stammlösung von Eisenalaun: in 100 ml dest. Wasser ohne Erwärmung 10 g Eisenalaunkristalle gelöst (10%). Gelbliche Kristalle nicht verwenden, nur die hellvioletten Kristalle sind brauchbar.

Zur Färbung: auf 2,5% die 10%ige Stammlösung mit Aqua dest. verdünnen (25 ml von der Stammlösung + 75 ml dest. Wasser).

Zu 3. Reine Hämatoxylin-Stammlösung herstellen: 0,5 g Hämatoxylin in 10 ml 96%igem Alkohol gelöst; mit 90 ml Aqua dest. verdünnen; Reifen in 4-5 Wochen unter Luftzutritt; filtrieren.
Künstliche Reifung: auf 0,5 g Hämatoxylin genau 0,1 g Natriumjodat (NaJo_3 !).

Zur Färbung: neu filtrieren, mit der gleichen Menge Aqua dest. verdünnen. Nach Gebrauch kann man wieder zurückfiltrieren und wieder verwenden.

Zu 4. Die pechschwarz gefärbten Schnitte geben viele Farben ab, sie werden heller.

Zu 5. Wenn die mikroskopische Kontrolle der Differenzierung nicht befriedigend ist, dann erneute (End-) Differenzierung, aber in 0,5%igem Eisenalaun, dann gut auswaschen usw.

Auswertung:

1. Dentin: blaugrau, gelbgrau; Prädentin: hellgelb
2. Odontoblasten: blaugrau, blauschwarz
3. Kollagenfasern: braun, bräunlichgelb
4. Retikulinfasern: bräunlichgelb
5. Gefäßelastika: dunkelbraun, braunschwarz
6. Erythrozyten: dunkelviolett-blau, tiefschwarz
7. Nervenfasern: blaugrau, blauschwarz, schiefergrau
8. Zellbestand: gelbbraun

Bemerkung zur Auswertung:

Die Färbung eignet sich zur Darstellung der Fibroblasten mit ihren Fortsätzen wie auch des gesamten Gefäßbaumes. Weniger deutlich kommen die Kollagen- und Retikulinfasern zur Darstellung. Gut verfolgen lassen sich die Nerven. Eine Differenzierung der markhaltigen und markfreien Fasern kann demonstriert werden. Die Endkolben färben sich dunkelbraun - braunschwarz.

Das Heidenhain'sche Eisenhämatoxylin stellt die beste Übersichtsfärbung für die gleichzeitige Darstellung von Zellen, Nerven und ihren Endigungen sowie des Gefäßbaumes dar.

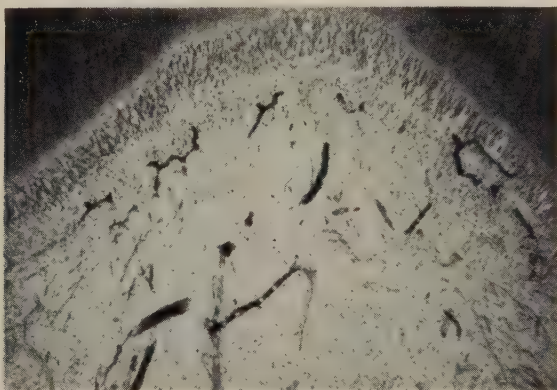


Abb. 1: Heidenhain'sches E.H. Vergr. 91x (Obj. 6, 3; Okular 8)
Pulpahorn, Darstellung der marklosen Nervenfasern
sowie der Mikrokapillaren.

4. Schmorl'sche Methode

Färbung:

1. Thioninlösung 10 Min.
2. Dest. Wasser
3. Pikrinsäurelösung 1/2 Minute
4. Dest. Wasser
5. Differenzierung in 70%igem Alkohol, bis der Schnitt keinen Farbstoff mehr abgibt, ca. 5 Min.
6. Entwässern in 96%igem Alkohol
7. Karbolxylol
8. Kanadabalsam-Einschluß

Bemerkung zur Färbung:

Zu 1. Thioninlösung: 10 ml gesättigte 50%ige alkoholische Thioninlösung, 100 ml dest. Wasser, 1-2 Tropfen Ammoniak.

Zu 3. Konzentrierte, wäßrige Pikrinsäurelösung.

Auswertung:

1. Dentin, Prädentin: gelbbraun, rotbraun
2. Odontoblasten: rot
3. Retikulin: dunkelrot
4. Gefäßelastika: dunkelbraun, braunviolett
5. Erythrozyten: orangerot
6. Nervenfasern: rot, rötlichviolett
7. Zellbestand: rotviolett

Bemerkung zur Auswertung:

Als Übersichtsfärbung ist die Schmorl'sche Methode für die Pulpa weniger geeignet.

B. SPEZIALFÄRBUNGEN ZUR DARSTELLUNG BESTIMMTER GEWEBSANTEILE

a. Kollagenfasern

1. Das Mallory'sche Verfahren

Vorbereitung:

Wegen der Formalinfixierung die Schnitte

1. in 3%igem Kaliumbichromat beizen, 20 Min. ;
2. in dest. Wasser rasch abspülen.

Färbung:

1. Kernfärbung mit 0,1%igem wäßrigem Säurefuchsin, 5 Min.
2. Aqua dest., kurz abspülen
3. Fixierung und Differenzierung in 1%iger Phosphormolybdänsäure, 10 Min.
4. Dest. Wasser
5. Mallory'sche Lösung, 2-5 Min.
6. Dest. Wasser
7. Differenzieren mit 96%igem Alkohol, 1-5 Min. oder etwas länger
8. Abs. Alkohol, Karbolxylo, 2 Min.
9. Einschließen (Kanadabalsam)

Bemerkung zur Vorbereitung:

Dieses Verfahren wurde für Bichromat-Sublimatfixierung angegeben. Bei jeder anderen Fixierung, in unserem Falle Formolfixierung, muß eine Kaliumbichromat-Beizung vor der Färbung angewendet werden.

Bemerkung zur Färbung:

Zu 5. Die Mallory'sche Lösung: 0,5 g Anilinblau,
 2 g Orange G,
 2 g Oxalsäure in 100 ml dest.
Wasser kochen, filtrieren.

Zu 7 Bei der Entwässerung kann man nach dem abs. Alkohol mit u. 8. Terpeneol, Bergamottöl oder Karbolxylo behandeln. Wir probierten mit Terpeneol und Karbolxylo.

Auswertung:

1. Dentin: blauschwarz; Prädentin: hellblau
2. Odontoblasten: rot bis rot-bräunlich
3. Kollagenfasern: dunkelblau bis hellblau
4. Retikulinfasern: rötlichbraun
5. Gefäßelastika: schwarzbraun, dunkelbraun
6. Erythrozyten: rot, leuchtend rot
7. Nervenfasern: dunkelblau
8. Zellbestand: rötlichbraun

Bemerkung zur Auswertung:

Das Synzytium der Fibrozytenfortsätze ist besonders gut zu erkennen. Die Nerven erscheinen dunkelblau, die Kollagenfasern etwas heller. Infolge dieses geringen Farbunterschiedes ist eine Differenzierung nur nach dem Verlauf dieser Elemente möglich. Die Methode eignet sich auch als Übersichtsfärbung für die gesamte Pulpa.

2. Azan nach Heidenhain

Vorbereitung:

In 3%igem Kaliumbichromat 20 Min. beizen, dann in dest. Wasser rasch abspülen.

Färbung:

1. Kernfärbung mit Azokarminlösung bei Zimmertemperatur, 15 Min.
2. Dest. Wasser
3. Differenzieren in 70%igem Alkohol unter mikroskopischer Kontrolle, bis die Kernstruktur erscheint
4. Aufhebung der Differenzierung in 1%igem Eisessig-Alkohol, 1/2 - 1 Min.
5. Beizen und Entfärben des Untergrundes mit 5%iger Phosphorwolframsäure, 1 Std.
6. Spülen in dest. Wasser
7. Färbung in Anilinblau - Orange G - Eisessig, 1 Min.
8. Dest. Wasser
9. Differenzierung in 96%igem Alkohol
10. Abs. Alkohol, Karbolxylol 2 x 2 Min., Kanadabalsam

Bemerkung zur Färbung:

- Zu 1. Herstellung der Azokarminlösung: 0,1 g Azokarmin G in 100 ml Aqua dest. aufkochen, abkühlen lassen, filtrieren und zum Filtrat 1 ml Eisessig geben.
- Zu 3. Im Original wird die Differenzierung mit 1 %o Anilinalkohol angegeben: 100 ml 90%iger Alkohol, 0,1 ml Anilinöl.
- Zu 4. Eisessig-Alkohol: 100 ml 96%iger Alkohol, 1 ml Eisessig.
- Zu 7. Praktisch ist es die Mallory'sche Lösung, die statt Oxalsäure 8% Eisessig enthält: 0,5 g Anilinblau und 2 g Orange G in 100 ml Aqua dest. lösen, dann 8 ml Eisessig; kochen, filtrieren.

Für Färben Stammlösung 1:2 mit Aqua dest. verdünnen.

Auswertung:

1. Dentin: violett; Prädentin: hellviolett
2. Odontoblasten: rotviolett
3. Kollagenfasern: hellblau bis dunkelblau
4. Retikulinfasern: dunkelbraun
5. Gefäßelastika: braunschwarz, dunkelgelbbraun

6. Erythrozyten: dunkelviolett
7. Nervenfasern: hellblau, blauschwarz
8. Zellbestand: gelbbraun

Bemerkung zur Auswertung:

Die Methode eignet sich nicht für die Kollagenfaserdarstellung: die hellblauen Fasern sind schwer vom blauen Untergrund zu unterscheiden.

3. Van Gieson'sche Färbung

Färbung:

1. Kernfärbung in Weigert'schem Eisenhämatoxylin
2. Aqua dest.
3. Leitungswasser bis 30 Min.
4. Pikrofuchsinlösung 2 Min.
5. Dehydrieren mit 96%igem Alkohol 2 Min.
6. Abs. Alkohol, Karbolxylol, Kanadabalsam

Bemerkung zur Färbung:

Zu 1. Bei der Kernfärbung sollte man etwas dunkler färben, weil der Pikrinsäureanteil differenziert. Die Lösung ist selbst hergestellt worden.

Zu 4. Van Gieson-Gemisch: 100 ml gesättigte wäßrige Pikrinsäurelösung, 10 ml 1%ige wäßrige Säurefuchsinlösung.

Auswertung:

1. Dentin: dunkelrot; Prädentin: hellrot
2. Odontoblasten: gelbrot, orangerot
3. Kollagenfasern: rot; hellrot und in dunkelrot übergehend
4. Retikulin: braun, dunkelbraun
5. Gefäßelastika: braunschwarz
6. Erythrozyten: braungelb, dunkelbraun
7. Nervenfasern: violett, lilarot, rötlich
8. Zellbestand: Kerne bräunlich mit hellroten fibrillären Fortsätzen (Fibrozyten)

Bemerkung zur Auswertung:

Die Zellen der Pulpa färben sich intensiv an. Auch die Kapillaren, sogar in der Odontoblastenschicht, treten deutlich hervor. Ein Unterschied zwischen Kollagen- und Nervenfasern ist jedoch nicht mit der erforderlichen Sicherheit möglich. Von den in verschiedenen roten Farben schillernden kollagenen Bestandteilen können die mehr

ins Violett übergehenden Nervenfasern nur schwer unterschieden werden. Zur Darstellung des Gefäßbaumes eignet sich diese Färbung. In der zentralen Pulpa ist die astförmige Aufteilung deutlich zu erkennen. Nach der Peripherie zu bilden sich in der zellreichen Zone die Gefäßbögen aus, die wiederum ihre Seitenzweige bis zu den Odontoblasten abgeben. Hier läßt sich an der Grenze der Odontoblasten zur Weil'schen Zone ein zweiter Gefäßbogen erkennen, von dem ebenfalls Äste zu den Odontoblasten abgegeben werden. Die Methode kann auch für Übersichtspräparate empfohlen werden.

4. Masson'sche Trichromfärbung

Färbung:

1. Lösung "A": Kernfärbung in saurem Hämalan, 4-6 Min.
2. Blauen in Leitungswasser, bis 30 Min.
3. Lösung "B": Färbung in Erythrosinlösung, 5 Min.
4. Dest. Wasser
5. Differenzieren in 80%igem Alkohol - einige Sek.
6. Dest. Wasser
7. Lösung "C": Safranlösung, 5 Min.
8. Aqua dest., rasch abspülen
9. Rasches Entwässern mit abs. Alkohol
10. Karbolxylol, Einschließen in Kanadabalsam

Bemerkung zur Färbung:

Zu 1. Lösung "A": Saures Hämalan nach P. Mayer, fertig vom Handel bezogen.

Zu 3. Lösung "B": Erythrosinlösung - 1 g Erythrosin, Aqua dest. 100 ml, einige Tropfen Formol (meistens 2-3 Tropfen).

Zu 7. Lösung "C": Safranlösung - Safran 2 g, Leitungswasser 100 ml, im Wasserbad 1 Std. kochen, nach Erkalten filtrieren. Dann 1 ml Formol und 1 ml 5%ige wäßrige Tanninlösung zugeben. Die Lösung hält sich 2-3 Wochen lang, aufbewahren in dunklem Glas.

Vorsicht bei Tanninlösung! Immer frisch ansetzen, weil sie nach einigen Tagen ausflockt.

Zu 9. Nach der raschen Aqua dest.-Abspülung schnelles Wechseln des abs. Alkohols, um eine Verdünnung desselben zu vermeiden, da Safran sich im verdünnten Alkohol löst. Empfehlenswert ist deshalb abs. Alkohol I und abs. Alkohol II.

Auswertung:

1. Dentin: gelborange; Prädentin: ziegelrot
2. Odontoblasten: rötlichviolett; Kerne dunkelviolet, dunkelblauviolett
3. Kollagenfasern: gelb, hellgelb bis bräunlichgelb
4. Retikulinfasern: dunkelbraun
5. Gefäßelastika: scharf rot mit gelbem Untergrund
6. Erythrozyten: leuchtend rot
7. Nervenfasern: ziegelrot, die feineren Fasern mit leuchtend gelbem Ton
8. Zellbestand: dunkelrot; Fibrozyten-Fortsätze: rot, etwas heller

Bemerkung zur Auswertung:

Im Vergleich zu den anderen Färbungen eignet sich die Masson'sche Trichromfärbung am besten zur Darstellung kollagener Fasern. Sie erscheinen scharf. Auch Odontoblasten und übrige Zellen sowie die Elastika der Gefäße sind gut sichtbar. Die nervöse Substanz färbt sich z. T. dunkel, z. T. gelb an. In der Peripherie kann die Bildung des Intraplexus beobachtet werden.

5. Masson-Goldner'sche Trichromfärbung

Färbung:

1. Kernfärbung in Weigert'schem Eisenhämatoxylin, 5 Min.
2. Auswaschen (blauen) in mehrfach gewechseltem Leitungswasser, bis 30 Min.
3. Färbung in Azophloxin, 10 Min.
4. Abspülen in 1%iger Essigsäure
5. Differenzieren in Phosphorwolframsäure-Orange, bis das Bindegewebe (Untergrund) vollständig entfärbt ist, kurz 1-2 Min.
6. Kurzes Abspülen in 1%iger Essigsäure
7. Gegenfärbung mit Lichtgrün, 5 Min.
8. Auswaschen in 1%iger Essigsäure, 5 Min.
9. Alkoholreihe, Karbolxylol, Kanadabalsam

Bemerkung zur Färbung:

Zu 1. Die Weigert'sche Lösung ist selbst hergestellt (vom Handel fertig beziehbar).

Zu 3. Azophloxin-Lösung: 0,5 g Azophloxin, 100 ml Aqua dest.
0,2 ml Eisessig.

Zu 5. Phosphorwolframsäure-Orange - Lösung:
4 g Phosphorwolframsäure,
2 g Orange G, 100 ml Aqua dest.

Zu 7. Lichtgrün-Lösung: 0,2 g Lichtgrün SF gelblich,
0,2 ml Eisessig, 100 ml Aqua dest.

Auswertung:

1. Dentin: grün; Prädentin: hellgrün
2. Odontoblasten: rot
3. Kollagenfasern: grün, hellgrün, leuchtend grün
4. Retikulin: grünlich, schwach sichtbar
5. Gefäßelastika: braun
6. Erythrozyten: dunkelrot
7. Nervenfasern: bläulichgrün
8. Zellbestand: im Pulpastrom: Zellkerne braunschwarz, Zytoplasma und Fortsätze (Synzytium) grün, hellgrün, leuchtend grün
in der zellreichen Zone: Kerne dunkelbraun, braunschwarz, Zytoplasma ziegelrot

Bemerkungen zur Auswertung:

Die grünen Nervenfasern und die etwas helleren Kollagenfasern bilden einen guten Kontrast. Die Retikulinfasern dagegen zeichnen sich nur wenig ab.

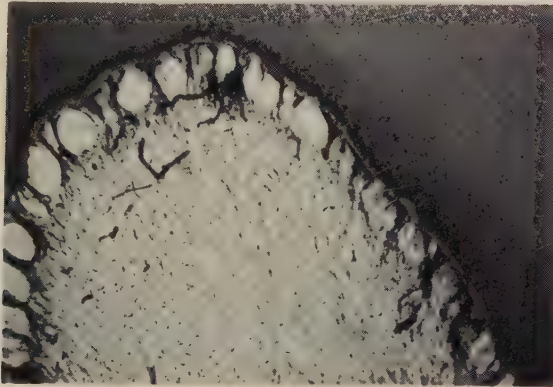


Abb. 2: Färbung nach Masson-Goldner Vergr. 91x
(Obj. 6,3; Okular 8)

Pulpenhorn, vakuolige Degeneration der Odontoblasten, Darstellung der Mikrokapillaren in der Odontoblastenschicht.

b. Elastische Fasern

1. Weigert'sches Resorcinfuchsin

Vorbereitung:

1. Schnitte in dest. Wasser gründlich auswaschen.
2. Entwässern in 80%igem Alkohol.

Färbung:

1. Weigert'scher Elastikafarbstoff, 30-40 Min.
2. Fließend wässern (in Leitungswasser), 1 Min.
3. Kernfärbung mit Kernechtrot-Aluminiumsulfat, 10 Min.
4. Dest. Wasser, zweimal kurz abspülen in zwei Küvetten
5. Differenzieren in 96%igem Alkohol, der gewechselt wird, 2 x 1 Min. (mikroskopische Kontrolle)
6. Entwässerung: zweimal in abs. Alkohol, 2 x 2 Min.
7. Aufhellen mit Terpeneol (aufträufeln)
8. Kanadabalsam

Bemerkung zur Färbung:

Zu 1. Weigert'sches Resorcinfuchsin fertig vom Handel bezogen.

Zu 3. Kernechtrot-Aluminiumsulfat:

1 g Kernechtrot in 1000 ml 5%igem
Aluminiumsulfat kochen, filtrieren.

Zu 5. Differenzierung in 96%igem Alkohol unter mikroskopischer Kontrolle.

Zu 7. Statt Terpeneol können wir mit Origanumöl aufhellen, Karbol-xylol wird weggelassen.

Auswertung:

1. Dentin: rötlichviolett
2. Retikulin: schwarz
3. Odontoblasten: rötlichviolett
4. Gefäßelastika: schwarz, blauschwarz
5. Erythrozyten: rot, leuchtend rot
6. Nervenfasern: hellrot, rot
7. Zellbestand: dunkelrot

Bemerkung zur Auswertung:

Die Gefäßelastika, die Retikulinfasern sowie die Odontoblasten kommen scharf zur Darstellung.

2. Elastika-Färbung nach Fränkel

Vorbereitung:

1. Nach der Fixierung und Entkalkung in dest. Wasser auswaschen,
2. dann mit 70%igem Alkohol behandeln.

Färbung:

1. Orceinlösung, 24 Std.
2. Differenzierung in 80%igem Alkohol
3. Pikro-Indigokarmin-Lösung, 5 Min.
4. Kurz abspülen mit 3,5%iger Essigsäure
5. Entwässern in Alkoholreihe, Karbolxylol, Kanadabalsam

Bemerkung zur Vorbereitung:

Vorsicht wegen Formol-Niederschlag: gründlich auswaschen!
Ältere Schnitte über Nacht (12-24 Std.) wässern oder nicht verwenden.

Bemerkung zur Färbung:

Zu 1. Orceinlösung:	Lösung "A" (Stammlösung): 0,1 g Orcein, 100 ml 70%iger Alkohol, 2 ml off. HNO_3 . Lösung "B": 97 ml 70%iger Alkohol, 3 ml konz. HNO_3 .
---------------------	--

Vor Gebrauch zur Lösung "B" so viele Tropfen von der Stammlösung ("A") geben, bis diese dunkelrot wird (bis zu dunkelrotem Umschlag).

Zu 3. Pikro-Indigokarmin-Lösung vom Handel fertig bezogen.

Auswertung:

1. Dentin: grün; Prädentin: grünlichblau
2. Odontoblasten: blau mit dunkelblauen Kernen
3. Kollagenfasern: dunkelgrün
4. Retikulin: braun
5. Gefäßelastika: dunkelbraun
6. Erythrozyten: blaugrün
7. Nerven: blau, bläulichgrün
8. Zellbestand: bräunlich

Bemerkung zur Auswertung:

Gute Färbung der Gefäßelastika, der Retikulinfasern sowie auch der Zellen.

3. Kongorot nach Matsuura

Färbung:

1. Färbung in Kongorot 24 Std.
2. In abs. Alkohol kurz abspülen
3. Einlegen in alkoholische Phosphormolybdänsäurelösung oder in alkoholische Phosphorwolframsäurelösung, je 5 Min.
4. Differenzieren in abs. Alkohol, 2 Min.
5. Aufhellen in Origanumöl, 1 Min.
6. Kanadabalsam (neutral)

Bemerkung zur Färbung:

Zu 1. Vorsicht wegen Niederschlag; deshalb sollte man Ampullenqualität vom Kongorot benutzen!

Vor Färbung filtrieren, alte Präparate und Farbstoff nicht verwenden!

Kongorot-Lösung: 1 g Kongorot in 100 ml 90%igem Alkohol, öfters schütteln. Nach 24 Std. sorgfältig abfiltrieren.

Zu 3. Hier wurden beide Lösungen ausprobiert. Frisch ansetzen und nach der Auflösung filtrieren.

Die Lösungen: 1 g Phosphormolybdänsäure oder
1 g Phosphorwolframsäure in 100 ml
abs. Alkohol (reiner abs. Alkohol).

Auswertung:

1. Dentin: dunkelgrau, blaugrau; Prädentin: etwas heller
2. Odontoblasten: braunrot
3. Kollagenfasern: blaugrün mit Phosphormolybdänsäure,
grünlichblau mit Phosphorwolframsäure
4. Retikulin: braun
5. Gefäßelastika: rötlichviolett
6. Erythrozyten: feuerrot, ziegelrot
7. Nervenfasern: grün, etwas blau schimmernd
8. Zellbestand: rot, rötlichbraun

Bemerkung zur Auswertung:

Bei der Behandlung mit Phosphorwolframsäure wird die gesamte Pulpa rötlichbraun tingiert, die Nerven erscheinen grünlich. Mit Ausnahme der Zellen zeigten jedoch alle Präparate eine gewisse Unschärfe. Bei Behandlung mit Phosphormolybdänsäure dagegen traten die einzelnen Elemente wesentlich deutlicher hervor, vor allem die Nervenfasern, die Retikulinfasern und die Zellen. Auch für die Darstellung der Gefäße und ihrer Verzweigungen ist die Färbung geeignet. Schließlich vermitteln die Präparate einen guten Übersichtseindruck.

c. Argyrophilfasern (Bindegewebsimprägnationen)

1. Die Bielschowsky-Maresch-Methode für Gefrierschnitte

Vorbereitung:

Gründlich auswaschen in dest. Wasser.

Färbung:

1. Einlegen in eine 2%ige Silbernitratlösung, 24 Std.
2. Rasch abspülen mit dest. Wasser, 2-3 Sek.
3. Ammoniakalische Silberlösung nach Bielschowsky, 5-30 Min.
4. Rasch abspülen mit dest. Wasser, 2-3 Sek.
5. Reduktion in Formollösung bis zu schiefergrauer - graubrauner Färbung, ungefähr 5 Min.
6. Leitungswasser, einige Minuten
7. Einlegen in eine verdünnte, saure Goldchloridlösung, 10 Min.
8. Fixierung in 5%iger Natriumthiosulfatlösung, 15-30 Sek.
9. Leitungswasser, gründlich auswaschen
10. Entwässern in Alkoholreihe, Karbolxylol, Kanadabalsam

Bemerkung zur Färbung:

Zu 3. Bielschowsky-Lösung: Zur 10 ml 10%igen Silbernitratlösung 5 Tropfen 40%ige Natronlauge geben, bis ein braunschwarzer Niederschlag (Silberoxyd) entsteht. (Die Natronlauge wird aus Natr. hydric. puriss. hergestellt.)

Unter stetem Schütteln wird mit 4-5 Tropfen Ammoniak der Silberoxydniederschlag aufgelöst. Vorsicht vor dem Ammoniaküberschuß, besser ein Körnchen ungelöst lassen. Die ganze Lösung gut durchschütteln und einige Sekunden warten, bis sich das Ammoniak gut verteilt hat.

Die Lösung wird mit dest. Wasser auf 20 ml aufgefüllt. Da die Lösung sich nur einige Stunden hält, muß man sie vor jeder Färbung frisch zubereiten oder für ein paar Tage im Eisschrank aufbewahren.

Zu 5. Formollösung: 40%iges neutrales Formol mit Leitungswasser 1:9 verdünnt. (1 Teil Formol + 9 Teile Wasser).

Zu 7. Saure Goldchloridlösung: 5 Tropfen 1%ige Goldchloridlösung in 10 ml dest. Wasser, dann 2 Tropfen Eisessig.
Die Lösung ist bestimmt für das Aufhellen des Grundes und für die schärfere Darstellung des Faserbestandes.

Zu 8. Die Natriumthiosulfatfixierung darf nicht länger angewendet werden, weil sonst die Scharfeinstellung der Fasern darunter leidet.

Auswertung:

1. Dentin: violettgrau
2. Odontoblasten: braunviolett
3. Kollagenfasern: grauviolett bis grauschwarz
4. Argyrophilfasern: dunkelbraunschwarz, grauschwarz
5. Gefäßelastika: dunkelbraun
6. Erythrozyten: gelbbraun, braunschwarz
7. Nervenfasern: grau, grauschwarz
8. Zellbestand: Kerne rötlichbraun, braun; die Fortsätze grau, braunschwarz (Fibrozyten)

Bemerkung zur Auswertung:

Die Argyrophilfasern sind sehr scharf dargestellt. Zwischen den Fortsätzen der Fibrozyten und den Argyrophilfasern sind Unterschiede durch die grau-schwarze Färbung zu erkennen. Die Gitterfasern sind schwarzbräunlich, die Fortsätze der Fibrozyten dagegen zeigen mehr einen grauen Farbton. Die Fibrozyten sind dunkelbraun, ihr Zytoplasma rötlich-braun. Außer den Gitterfasern und dem Zellbestand kamen auch die Nervenfasern, die kleinen Gefäße einschließlich der Gefäßelastika und die Odontoblasten gut heraus. Den Raschkow'schen Plexus sowie die Nervenauflösung in den Pulpenhörnern demonstrieren alle Präparate.

Diese Methode ist daher als spezifische Färbung für die Darstellung der Argyrophilfasern gut geeignet.

2. Gömöri'sche Bindegewebsversilberung

Vorbereitung:

1. Behandeln mit 0,5 - 1%igem Kaliumpermanganat, 1-2 Min.
2. Leitungswasser, 5 Min.
3. Entfärben in 1-3%igem Kaliummetabisulfit, 1 Min.
4. Leitungswasser, 5-10 Min.

Färbung:

1. 2%iges Eisenalaun, 1 Min. (frisch angesetzt)
2. Leitungswasser, 3-5 Min.
3. Aqua dest., 2 x 2 Min.
4. Ammoniakalische Silberlösung nach Gömöri, 1 Min.
5. Aqua dest., 5-10 Sek.
6. Reduzieren in Formol (1:9 verdünnt), 5-10 Min.
7. Leitungswasser, 5 Min.
8. Tönen in 0,2%iger Goldchloridlösung, 10 Min.
9. Aqua dest., 2 x 10 Sek.
10. Reduzieren mit 3%igem Kaliummetabisulfit, 1 Min.

11. Fixieren mit 1%iger Natriumthiosulfatlösung, 1 Min.
12. Leitungswasser, 5-10 Min.
13. Alkoholreihe
14. Karbolxylol, Kanadabalsam-Einschluß

Bemerkung zur Färbung:

Zu 1. Eisenauna ist 2%iges Eisenammoniumsulfat, muß jedesmal frisch angesetzt werden.

Zu 4. Gömöri'sche Lösung: Zu 10 ml 10%iger Silbernitratlösung 1 ml 10%ige Kaliumhydroxydlösung geben. Der dabei entstandene Niederschlag wird bei tropfenweiser Zugabe von Ammoniak unter ständigem Schütteln aufgelöst. Dann wird wiederum 10%iges Silbernitrat tropfenweise zugesetzt, bis der neue Niederschlag nur noch langsam in Lösung geht. In der fertigen Lösung darf kein Niederschlag zurückbleiben. Die Lösung wird am Ende mit Aqua dest. auf die Hälfte verdünnt und in dunkler Flasche aufbewahrt (2 Tage haltbar).

Auswertung:

1. Dentin: anthrazitgrau; Prädentin: violettgrau
2. Odontoblasten: gelbbraun
3. Kollagenfasern: grauschwarz bis braunschwarz
4. Argyrophilfasern: schwarz, dunkelbraun
5. Gefäßelastika: dunkelbraun bis gelbbraun
6. Erythrozyten: gelbbraun
7. Nervenfasern: grauschwarz
8. Zellbestand (Fibrozyten): Kerne gelbbraun, Fortsätze schwarz-braun

Bemerkung zur Auswertung:

An der Dentin-Odontoblastengrenze sind viele schwarze argyrophile Fibrillen zu sehen. Einige kann man von dem Raschkow'schen Plexus und von der Auffaserung des Nervenstammes aus verfolgen. Ein Unterschied zwischen den Nervenfibrillen und argyrophilen v. Korff'schen Fasern ist nicht gegeben. Im Gegensatz zu der Bielschowsky-Maresch-Methode ist der Zellbestand nicht scharf dargestellt. Die Färbung ist gut zur Darstellung argyrophiler Fasern und auch als Übersichtsfärbung für den Faserbestand geeignet, die Zellen dagegen sind nur undeutlich zu erkennen.



Abb. 3: Imprägnation nach Gömöri Vergr. 91x (obj. 6, 3; Okular 8)

Randbezirke der Pulpa, Darstellung des Raschkow'schen Plexus.

d. Gleichzeitige Darstellung von Kollagen,
Elastin und Retikulin

Kombinierte Färbung nach Humason und Luslaugh

Färbung:

1. Schnitte legen wir ins 1:1-Gemisch von Pyridin-Alkohol, 15 Min.
2. Spülen mit 96%igem Alkohol, 2-3 Sek.
3. Leitungswasser, 5 Min.
4. 0,5%ige wäßrige Perjodsäurelösung, 15 Min.
5. Leitungswasser, 5 Min.
6. Dest. Wasser bei 37°C, 5 Min.
7. Ammoniakalische Silberlösung, 2 Std. bei 37°C
8. Spülen in ammoniakhaltigem dest. Wasser (1 Tropfen Ammoniak auf 100 ml Wasser)
9. Reduktion mit gepufferter, frisch zubereiteter Formollösung, 5 Min.
10. Leitungswasser, 5 Min.
11. Vergolden mit 0,2%igem Goldchlorid, 10 Min.
12. Leitungswasser, 1 Min.
13. Fixierung in Natriumthiosulfat 5%ig, 10 Min.
14. Leitungswasser, 5 Min.
15. Orceinlösung, 1 Std. bei 37°C im Brutschrank,
1 Std. bei Zimmertemperatur

16. Spülen in 70%igem Alkohol, 2-3 Sek.
17. Dest. Wasser, 2-3 Sek.
18. Wäßrige Phosphormolybdänsäurelösung, 5%ig, 15 Min.
19. Dest. Wasser, 2-3 Sek.
20. Anilinblaulösung, 5 Min.
21. Dest. Wasser, 1-2 Sek.
22. Orange G-Lösung, 2%ige, 5 Min.
23. Rasch spülen mit dest. Wasser
24. Wäßrige 1%ige Essigsäure, 5 Min. oder länger bei mikroskopischer Kontrolle
25. 96%iger Alkohol, abs. Alkohol
26. Karbolxylol, Kanadabalsam

Bemerkung zur Färbung:

zu 7. Ammoniakalische Silberlösung:

Zu 10 ml 10, 2%iger (0,6 M) Silbernitratlösung Liquor ammoniae (Ammoniaklösung) träufeln, bis der entstandene Niederschlag fast ganz aufgelöst ist; dann wird noch 10 ml 3,1%iges (0,3 M) Natriumkarbonat zugegeben. Die Lösung wird mit dest. Wasser auf 100 ml aufgefüllt und filtriert.

Zu 9. Formalinlösung:

Zu 50 ml 5%igem Formol wird 1 ml 1%iges Natriumkarbonat zugesetzt. (Bei jeder Färbung neu ansetzen!)

Zu 15. Orceinlösung:

1 g Orcein in 100 ml salzsäurehaltigem Alkohol auflösen (Salzsäure-Alkohol: 100 ml 70%iger Alkohol und 0,6 - 1 ml konz. Salzsäure).

Zu 20. Anilinblaulösung:

0,1 g wasserlösliches Anilinblau, 2 g Oxalsäure, 15 g Phosphormolybdänsäure, 100 ml dest. Wasser.

Auswertung:

1. Dentin; Prädentin: blauschwarz, braunschwarz
2. Odontoblasten: rotviolett, braunrot
3. Kollagenfasern: braunviolett, graubraun
4. Argyrophilfasern: grauschwarz, graubraun
5. Gefäßelastika: dunkelbraun, braunschwarz
6. Erythrozyten: orangerot
7. Nervenfasern: dunkelblauschwarz
8. Zellbestand (Fibrozyten): blau, blauviolett, mit hellvioletten Fortsätzen

Bemerkung zur Auswertung:

Diese Methode eignet sich gut für Übersichtsdarstellungen. Alle Strukturen der Pulpa zeichnen sich eindeutig ab. Als Spezialfärbung für die einzelnen Pulpastrukturen ist sie dagegen nicht zu empfehlen.

e. Gefäßnetz-Färbung für Schnitte

1. Pickworth'sche Methode

Vorbereitung:

Dicke Gefrierschnitte herstellen, in diesem Fall 80 u. Vor der Färbung gut mit dest. Wasser auswaschen, mindestens 30 Min.

Färbung:

1. Färben in Lösung "A" unter schwacher Bewegung, 10 Min.
2. Aqua dest., 10 Sek.
3. Färbung mit Lösung "B" bei leichter Bewegung, ungefähr 30 Min., bis das Gefäßnetz schwarz hervortritt und der am Anfang bläulich getönte Grund (Pulpaparenchym) verblaßt.
4. Waschen in dest. Wasser
5. 2%ige Essigsäure enthaltender 70%iger Alkohol, 5 Min.
6. 2%ige Essigsäure enthaltender 96%iger Alkohol, 5 Min.
7. Abs. Alkohol, Karbolxylol
8. Einschließen in Kanadabalsam

Bemerkung zur Färbung:

Zu 1. Lösung "A" besteht aus zwei Grundlösungen, die vor Gebrauch zusammengeführt werden:

0,5 g Benzidin in 50 ml abs. Alkohol
und 0,1 g Nitroprussidnatrium in
10 ml dest. Wasser lösen. Die Lösun-
gen zusammenführen und mit dest.
Wasser auf 100 ml auffüllen.

Immer frische Lösungen anwenden und filtrieren, wegen
Niederschlag! Nur reinen abs. Alkohol verwenden, dann löst
sich das Benzidin!

Zu 3. Lösung "B":

50 ml abs. Alkohol, 2 ml Eisessig,
0,5 ml 30%iges Perhydrol (H_2O_2);
0,1 g Nitroprussidnatrium in ein
wenig dest. Wasser gelöst; Aqua dest.
auf 100 ml auffüllen; filtrieren.

Zu 5. 1 ml konz. Essigsäure auf 50 ml 70%igen Alkohol und
u. 6. auf 50 ml 96%igen Alkohol.

Alle fertigen Präparate müssen dunkel aufbewahrt werden,
weil sie bei Licht verblassen.

Auswertung:

1. Dentin: schwarzgelb
2. Pulpa als hellgelber Untergrund
3. Gefäße mit Erythrozyten: schwarzbraun, schwarz
4. Leere Gefäße mit schwarzer Umrandung (Gefäßelastika!)
auch gut sichtbar

Bemerkung zur Auswertung:

Es handelt sich um eine spezielle Färbung, die zur Darstellung
der Mikrokapillaren geeignet ist.

2. Fluoreszenzmethode nach Donath

Vorbereitung:

Es werden möglichst dicke Schnitte benötigt, in unserem Fall 80 μ .
Gründlich auswaschen in dest. Wasser.

Färbung:

1. Färbung in Thioflavin S-Lösung, 3 Min.
2. Spülen in dest. Wasser
3. Die Schnitte auf Objektträger mit Terpeneol beträufeln
4. Einschluß

Bemerkung zur Färbung:

Zu 1. Thioflavin S in 1 : 10 000 Verdünnung anwenden. Die Lösung
ist vom Handel fertig bezogen.

Zu 4. Nach Terpeneol den Einschluß mit Eukitt umranden.

Auswertung:

1. Dentin: gelbgrau; Prädentin: fluoreszenzgelb
2. Pulpa: fluoreszierend
3. Große Gefäße: in fluoreszierendem Pulpauntergrund treten sie
schwarz hervor
4. Kleingefäße, Kapillaren in der Peripherie: hellgelb, fluores-
zenzgelb

Bemerkung zur Auswertung:

Die kleinen Gefäße sowie die Kapillaren sind fluoreszenzgelb. In

der Wurzel-Kronenpulpa-Grenze sind einzelne leuchtend gelbe Kapillarmaschen sichtbar. Die größeren Gefäße in der zentralen Pulpa fluoreszieren nicht, sie erscheinen schwarz. Die Methode ist gut geeignet für die Darstellung von Kapillarmaschen und Mikrokapillaren.

f. Neurofibrillen und Nervenendigungen

1. Imprägnation nach Gros-Schultze

Vorbereitung:

1. In Pyridin für 24 Std.
2. Auswaschen in mehrfach gewechseltem dest. Wasser, bis der Pyridingeruch verschwunden ist.

Färbung (Imprägnation):

1. Imprägnieren in 20%igem Silbernitrat bei 37°C im Thermostat, 2 Std.
2. Behandeln mit 10%igem Formol, das solange gewechselt wird, bis von den Schnitten keine weiße Trübung mehr aufsteigt, etwa 10 Min.
3. Färbung mit ammoniakalischer Silberlösung: Zu einigen ml der Lösung geben wir je ml 1 Tropfen Ammoniak. Einen mit Formalin behandelten Schnitt legen wir probeweise unter mikroskopischer Kontrolle hinein. Wenn Kern- und Bindegewebsimprägnation hervortritt, so erhöhen wir die Ammoniakkonzentration, indem wir z. B. je 2 ml 3 Tropfen zugeben; der erste Schnitt wird ausgewechselt. Die feinen Nervenfibrillen müssen schwarz oder dunkelbraun auf farblosem Grund hervortreten. Tritt keine Nervenimprägnation ein, dann müssen wir von vorne anfangen, indem wir die Ammoniakkonzentration verringern: Zur neuen Menge ammoniakalischer Silberlösung geben wir je ml weniger als 1 Tropfen Ammoniak zu. Wenn die richtige Konzentration der Lösung festgestellt ist, dann können wir die anderen Schnitte nacheinander einwandfrei imprägnieren, ungefähr 1 Min.
4. Waschen in Ammoniakwasser, 2 Min.
5. Kurzes Waschen in dest. Wasser
6. Vergoldung mit verdünntem Goldchlorid, 10 Min.
7. Fixieren in 5%igem Natriumthiosulfat, 2 Min.
8. Gründlich auswaschen in Leitungswasser, 2 x 10 Min.
9. Alkoholreihe, Karbolxylol
10. Kanadabalsam

Bemerkung zur Vorbereitung:

Zu 1. Beim Nachweis von Neurofibrillen und peripherer Nervenendigungen müssen die Bindegewebsstrukturen der Pulpa gebleicht oder zurückgedrängt werden. Daher ist es erforderlich, mit Pyridin zu behandeln (unverdünntes Pyridin).

Bemerkung zur Imprägnation:

Zu 2. Formol 1:4 mit Leitungswasser verdünnen. Die Spülung erfolgt in 4 - 6 Schälchen, die immer gewechselt werden, bis keine weiße Trübung mehr aufsteigt.

Zu 3. Ammoniakalische Silberlösung:

Zu 5-10 ml 20%igem Silbernitrat geben wir tropfenweise unter ständigem Schütteln soviel 25%iges Ammoniak, bis sich der dabei entstandene braune Niederschlag auflöst.

Die Feststellung der richtigen Konzentration bereitet Schwierigkeiten. Wegen der ständigen mikroskopischen Kontrolle ist es empfehlenswert, die Reaktion in einem Uhrglas vorzunehmen.

Zu 4. Ammoniakwasser: 8 ml dest. Wasser + 2 ml Ammoniak.

Zu 6. Die Vergoldung ist ähnlich wie bei der Bielschowsky-Maresch-Methode:
zu je 10 ml dest. Wasser 3-5 Tropfen 1%iges Goldchlorid.

Auswertung:

1. Dentin: blauviolett, gelbviolett
2. Odontoblasten: dunkelrotviolett
3. Nervenfasern: schwarzblau, schwarz
4. Argyrophilfasern; Zellenfortsätze: schwarzblau
5. Zellbestand: dunkelblau bis dunkelviolett
6. Blut: dunkelbraun, braungelb

Bemerkung zur Auswertung:

Mit dieser Färbung lassen sich Zellen, insbesondere die Fibrozyten, in ihrer typischen dreizipfligen Form sowie die Fibrozytenfortsätze besonders gut darstellen. Die Verbindung zwischen den Odontoblasten und dem übrigen Zellbestand durch Fortsätze ist deutlich zu erkennen. Kollagenfasern stellen sich nicht dar. In der zentralen Pulpa erkennen wir deutlich marklose Nervenfasern an ihrer schwarzen Farbe. Gut sichtbar sind alle markhaltigen Neurofibrillen sowie deren Aufbau und die Nervenendigungen. Diese Imprägnation ist damit für die Darstellung von Nervenfasern und -endigungen besonders geeignet.



Abb. 4: Imprägnation nach Gros-Schultze Vergr. 91x
(Obj. 6,3; Okular 8)

Pulpahorn, besonders deutliche Darstellung der Zellkerne
und Nervenfasern.

2. Spezielle Stückimprägnation nach de Castro
für die Zahngewebe

Fixierung (und Entkalkung):

1. In Chloralhydrat-Salpetersäure-Lösung, 18-21 Tage für Molare,
bei Frontzähnen kürzer, etwa 7 Tage.
2. Auswaschen in dest. Wasser, 24-36 Std.

Vorbereitung:

3. Einlegen in Ammoniak-Alkohol
4. Auswaschen in dest. Wasser, 10-30 Min.

Färbung (Imprägnierung):

1. Imprägnieren in 1,5 - 2%iger Silbernitratlösung bei 37-40°C, bis
der Zahn braun oder grau wird, 5-7 Tage
2. Schnell abspülen in dest. Wasser
3. Reduktion in Pyrogallussäure-Lösung, 24 Std.
4. Gefrierschnitte herstellen
5. Gründlich auswaschen in dest. Wasser
6. Nachvergolden mit 0,2%igem Goldchlorid, 10 Min.
7. Fixieren in 5%igem Natriumthiosulfat, 2 Min.

8. Auswaschen in gewechseltem dest. Wasser, 2 x 10 Min.
9. Alkoholreihe, Karbolxylol
10. Abdecken in Kanadabalsam

Bemerkung zur Fixierung und Vorbereitung:

- Zu 1. Fixierlösung: 2,5 g Chloralhydrat, 50 ml dest. Wasser, 50 ml abs. Alkohol, 7 ml Salpetersäure. Die Lösung dient gleichzeitig für Fixierung und Entkalkung.
- Zu 3. Ammoniak-Alkohol: 50 ml 96%iger Alkohol + 4-5 Tropfen Ammoniak.

Bemerkung zur Imprägnierung:

- Zu 3. Reduktionslösung: 1 g chemisch reine Pyrogallussäure, 10 ml Formol, 90 ml dest. Wasser.

Zu 6.

- u. 7. Die Nachvergoldung ist gegenüber der Bielschowsky-Maresch-Methode wegen der Neurofibrillendarstellung etwas geändert.

Die Zusammensetzung der Lösungen gilt für einen Zahn und die davon hergestellten Schnitte. Es wurden Molaren und Frontzähne vom Unterkiefer verarbeitet.

Auswertung:

1. Dentin: braunschwarz; Prädentin: schwarz
2. Odontoblasten: graubraun, braunviolett
3. Nervenfasern: schwarz
4. Argyrophilfasern: grauschwarz
5. Kollagenfasern: braungrau, grauschwarz
6. Gefäßelastika: schwarzbraun
7. Blut: grauviolett
8. Zellbestand (Fibrozyten): dunkelbraune oder schwarzbraune Kerne; graue Zellfortsätze

Bemerkung zur Auswertung:

Schnitte aus Molaren. Gut sichtbar sind die Nervenfasern, der Raschkow'sche Plexus sowie die Nervenauffaserung in den Pulpenhörnern. Am Übergang der Wurzel- zur Kronenpulpa sind viele feinere argyrophile Fasern, von der inneren Pulpa bis zum Dentin ziehend, zu erkennen. Bei dieser ausgezeichneten Argyrophilfaserdarstellung ist der Unterschied zwischen den v. Korff'schen Fasern und den Nervenfibrillen jedoch nur schwer zu entdecken.

Schnitte aus Frontzähnen. Markhaltige und marklose Nervenfasern sind hier gut voneinander zu trennen. In einem Fall konnte eine markhaltige Neurofibrille demonstriert werden, die kurz vor Dentin-

eintritt ihre Myelinhülle verliert. Im Prädentin gibt sie noch feine Seitenzweige ab, bevor sie sich in tiefere Dentinschichten verliert. Mit Sicherheit kann festgestellt werden, daß alle in das Dentin eindringenden Nervenfasern marklos sind.

Diese Präparate demonstrieren am schönsten die Innervierung des Dentins. Zum Teil können die Nervenfasern bis in das Zahnbein hinein verfolgt werden. Die Nervenfasern gesellen sich in einem gewissen Abstand in der Odontoblastenzone zu den Tomes'schen Fasern. Der Odontoblastenfortsatz ist etwa doppelt so stark wie die Nervenfibrille. Der Abstand zwischen den beiden parallel laufenden Fasern beträgt ungefähr $1\frac{1}{2}$ Breite der Tomes'schen Faser. Im Prädentin laufen beide Fasern weiter getrennt und parallel. Im Dentin sind sie wegen dessen dunkler Imprägnierung nicht weiter zu verfolgen. Die Stück- oder Blockimprägnation nach de Castro ist bisher die am besten gelungene Methode für die Darstellung einzelner Nervenfibrillen. Besonders zu betonen ist, daß ein deutlicher Unterschied zwischen markhaltigen und marklosen Nervenfasern zu sehen ist.

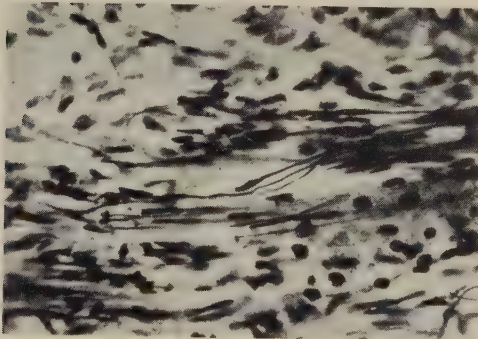


Abb. 5: Stückimprägnation nach de Castro Vergr. 144x
(Obj. 10; Okular 8)

Ausschnitt aus der Pulpa. Aufgabelung der Nervenbündel.

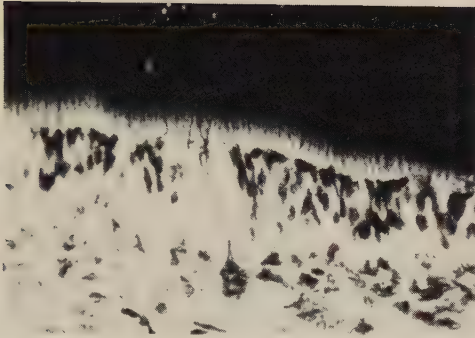


Abb. 6: Stückimprägnation nach de Castro Vergr. 912x
(Obj. 63; Okular 8)

Dentininnervation, Ausschnitt aus Dentin, Odontoblastenschicht und angrenzendem Pulpengewebe. Marklose Nervenfasern verlaufen parallel mit Odontoblasten in die Hartschicht.

g. Fettdarstellung

1. Sudan III

Vorbereitung:

1. Gut auswaschen in Aqua dest.
2. Vorbehandlung in 50%igem Alkohol, 2 Min.

Färbung:

1. Sudan III, 30 Min.
2. Aqua dest.
3. Kernfärbung in Hämatoxylin nach Delafield, 10 Min.
4. Blauen in Leitungswasser, 30 Min.
5. Kurz abspülen in Aqua dest.
6. Einschluss in Glycerin-Gelatine.

Bemerkung zur Vorbereitung:

Präparate für die Fettfärbung darf man vorher nicht mit starker

Alkoholkonzentration behandeln. Zum Entwässern 50%iger Alkohol ist noch erträglich.

Bemerkung zur Färbung:

- Zu 1. Sudan III-Lösung: 0,3 g Sudan III in 100 ml heißem 70%igem Alkohol lösen, abkühlen und absetzen lassen. Vor Gebrauch filtrieren und im Glasgefäß verschließen. Färbung in diesem Glasgefäße vornehmen, da wegen Alkoholverdunstung Farbniederschläge in den Schnitten sichtbar werden.
- Zu 3. Hämatoxylin: Delafield'sches Hämatoxylin fertig vom Handel bezogen. Stark verdünnt mit Aqua dest. verwenden. Bei Anwendung von saurem Hämalalaun nach P. Mayer wird die Nachfärbung zu blaß.

Empfehlenswert ist die starke Nachfärbung der Kerne wegen des Farbkontrastes.

Auswertung:

1. Dentin: blauviolett; Prädentin: hell-gelblich
2. Odontoblasten: dunkelblau
3. Kollagene Bindegewebelemente: hellblauviolett
4. Nervenfasern: dunkelblau
5. Erythrozyten: violett
6. Zellbestand: dunkelblau
7. Fett: ziegelrot, die Lipoidhülle der markhaltigen Nervenfasern gelborange (Lipoidfärbung)

Bemerkung zur Auswertung:

Am deutlichsten zeigen sich die ziegelroten Fett-Tröpfchen in der Kronenpulpa. In der Wurzelpulpa dagegen sind die Fett-Tröpfchen öfters nur orangerot angefärbt, wobei sich neben dem Mark der Nervenfasern auch die Gefäßwände mitfärben. Die Färbung ist somit für die Darstellung von Fetten und teilweise Lipoiden in der Pulpa geeignet.

2. Scharlachrot (Sudan IV)

Vorbereitung:

1. In Aqua dest. gut auswaschen
2. In 50%igem Alkohol, 2 Min.

Färbung:

1. Färbung in Scharlachrot bei 37°C Temperatur, 20-30 Min.
2. Spülen in 50%igem Alkohol
3. Kernfärbung mit Hämatoxylin nach Delafield, 10 Min.
4. Blauen in Leitungswasser, bis 30 Min.
5. Einschließen in Glyzerin-Gelatine

Bemerkung zur Färbung:

Zu 1. Sudan IV-Lösung: Scharlachrot bis zur Sättigung in einem gleichteiligen Gemisch von 50% Alkohol/Azeton $\bar{\bar{a}}$ lösen. Bei jedem Gebrauch vorerst filtrieren und wenige ml Azeton-Alkohol zugeben.

Zu 3. Hämatoxylin vom Handel fertig bezogen. Mit stark verdünnter Lösung färben. Bei Hämalalaun ist Kernfärbung unscharf.

Auswertung:

1. Dentin: hellblauviolett; Prädentin: hellviolett
2. Odontoblasten: blau, blauviolett
3. Kollagene Strukturen: schwach gefärbt, eventuell hellviolett
4. Nervenfasern: violett
5. Erythrozyten: braun
6. Zellbestand: Kerne dunkelblau, Zytoplasma hellblau oder hellviolett
7. Lipide: blaurosa, blaßrosa, hellrosa
8. Neutralfette: orangerot

Bemerkung zur Auswertung:

Die Neutralfette zeichnen sich orangerot, die Lipide blaßrosa ab. Die Lipidhülle der Nervenfasern kann deutlich erkannt werden, auch diese Färbung ist für Fettdarstellung gut geeignet.

3. Nilblausulfat

Färbung:

1. In Aqua dest. gut auswaschen
2. Färben in Nilblausulfat, 30 Min.
3. Leitungswasser
4. Differenzieren in 1%iger Essigsäure, 1 Min.
5. Leitungswasser 1/2 Std.
6. Einschließen in Glyzerin-Gelatine

Bemerkung zur Färbung:

Zu 2. Nilblausulfat:	Eine gesättigte, wäßrige Lösung von Nilblausulfat wird hergestellt. Nur frisch fixierte Präparate färben, sonst verändert die lange Formol-Behandlung das Verhalten der Fettsubstanzen.
----------------------	---

Auswertung:

1. Dentin: hellgrauviolett; Prädentin: violett
2. Kollagenfasern: violett
3. Gefäßelastika: dunkelblau
4. Erythrozyten: braunviolett
5. Nervenfasern: hellblau
6. Zellbestand: dunkelviolett
7. Fette: hellviolett und blauviolett

Bemerkung zur Auswertung:

Während bei einigen Präparaten im Wurzelbereich dunkelblaue Fett-Tropfen zu erkennen sind, ist eine Differenzierung in der Kronenpulpa wegen des dort vorherrschenden blau-violetten Farbtönen nur schwer möglich. Die Färbung ist somit in der Pulpa als Fettfärbung nur bedingt brauchbar.

Tabelle 3

FARBENABSORPTION DER PULPASTRUKTUREN

Färbe- methoden	Pulpastruk- turen	Odonto- blasten (und Zellkern)	Kollagen- fasern	Retikulín- Argyrophil- fasern	Gefäß- elastika	Erythro- zyten	Nerven- fasern	Zellbestand: Zellkern u. Plasma Zellreiche Zone
H. E.		violett/ d. blau	rötlich	h. violett	rötlich	h. oder leucht. rot.	rötlich b. d. violett	bl. violett/ rosa
Weigert.		bl. violett	violett	braun- gr. braun	braun- d. braun	braun- schwarz	br. schwarz, schwarz	rostbr. h. braun
Heidenhain.		bl. grau- bl. schwarz	braun- br. gelb	br. gelb	d. braun- br. schwarz	d. v. blau- t. schwarz	bl. grau- bl. schwarz schiefer gr.	g. braun
Schmorl		rot	—	d. rot	d. braun- br. violett	o. rot	rot- r. violett	r. violett
Mallory		rot b. r. braun	d. b. h. blau	r. braun	sch. braun d. braun	rot- l. rot	d. blau	r. braun
Azan		r. violett	h. b. d. blau	d. braun	br. schwarz d. g. braun	d. violett	h. blau- bl. schwarz	g. braun
van Gieson		g. rot- o. rot	rot, h. u. d. rot	braun, d. braun	br. schwarz	br. gelb, d. braun	violett, lilarot, rot	bräunlich h. rot
Masson		r. violett/ d. bl. violett	gelb, h. b. br. gelb	d. braun	r. gelb	l. rot	z. rot mit l. gelb	d. rot/ h. rot
Masson- Goldner		rot	grün, h. u. l. grün	grünlich	braun	d. rot	bl. grün	br. schwarz/grün d. br. sch. / z. r.
Resorcinfuch- sin, Weigert		r. violett	—	schwarz	schwarz- bl. schwarz	rot- l. rot	h. rot- rot	d. rot
Elastika, Fränkel		blau/ d. blau	d. grün	braun	d. braun	bl. grün	blau- bl. grün	bräunlich
Kongorot n. Matsuura		br. rot	bl. grün grünl. blau	braun	r. violett	feuer r., z. rot	grün- mit bl. schiefer	rot r. braun
Bielschows- ky-Maresch		br. violett	gr. violett b. gr. schwarz	d. br. schwarz, gr. schwarz	d. braun	g. braun, br. schwarz	grau, gr. schwarz	r. br., braun/ gr., br. sch.
Gömöri		g. braun	gr. schwarz b. br. schwarz	schwarz, d. braun	d. braun b. g. braun	g. Braun	gr. schwarz	g. braun sch. braun
Kombinierte Färbung		r. violett, br. rot	br. violett, gr. braun	gr. schwarz, br. schwarz	d. braun, br. schwarz	o. rot	d. bl. schwarz	bl., bl. v. / h. violett
Pickworth		h. g.	h. g.	h. g.	schwarz	sch. braun schwarz	h. g.	h. g.
Donath		f.	f.	f.	h. gelb f. gelb	schwarz	f.	f.
Gros- Schultze		d. r. violett	—	sch. blau	sch. braun	d. braun, br. gelb	sch. blau, schwarz	d. bl., d. v. / sch. blau
de Castro		gr. braun, br. violett	(br. gr.) (gr. sch.)	gr. schwarz	sch. braun	gr. violett	schwarz	d. br., sch. br. / grau
Sudan III		d. blau	h. bl. violett	h. bl. violett	h. bl. violett	violett	d. blau	d. blau
Sudan IV		blau, bl. violett	—	—	braun	braun	violett	d. blau/ h. bl., h. v.
Nilblau- sulfat		blau	violett	—	d. blau	br. violett	h. blau	d. violett

b. = bis
bl. = blau, bläulich
br. = braun, bräunlich
d. = dunkel
f. = fluoreszenz,
fluoreszierend
g. = gelb, gelblich

gr. = grau
h. = hell
l. = leuchtend
(z. B. l. rot)
o. = orange
r. = rot, rötlich
sch. = schwarz

t. = tief (schwarz)
u. = und
v. = violett
z. = ziegel (rot)
/ = Kern/Zellplasma
Zellplasma/Kern

Scharfe Darstellung der Pulpastrukturen

Pulpastrukturen Färbemethoden	Odontoblasten	Kollagenfasern	Retikulin-Argyrophilfasern	Gefäßelastika	Erythrozyten	Nervenfaser	Zellbestand
H. E.	+	+	+	+	++	+	+
Weigert. E. H.	++	+	+	+	+	++	++
Heidenhain. E. H.	++	+	+	+	+	++	++
Schmorl	+	-	+	+	+	+	+
Mallory	+	-	+	+	++	+	+
Azan	+	-	+	+	+	+	+
van Gieson	+	+	+	+	+	+	++
Masson	+	++	+	+	++	+	+
Masson-Goldner	+	++	-	+	+	+	+
Resorcinfuchsin, Weigert	+	-	++	++	+	+	+
Elastika, Fränkel	+	+	+	+	+	+	+
Kongorot n. Matsuura	+	+	+	+	++	+	+
Bielschowsky-Maresch	+	-	++	+	+	+	+
Gömöri	+	+	++	+	+	++	-
Kombinierte Färbung	+	+	+	+	+	+	+
Pickworth	-	-	-	++	++	-	-
Donath	-	-	-	++	-	-	-
Gros-Schultze	+	-	+	+	+	++	+
de Castro	+	+	+	+	+	++	+
Sudan III	+	-	-	-	+	+	+
Sudan IV	+	-	-	+	+	+	+
Nilblausulfat	+	-	-	+	+	-	+

++ = sehr scharf, + = scharf, + = mittelmäßig, - = unscharf (oder nicht dargestellt)

IV. KRITISCHE BETRACHTUNG

Bei der praktischen Anwendung der verschiedenen Färbemethoden der allgemeinen Histologie in der Pulpadarstellung treten folgende wichtige Grundforderungen auf:

1. Von der Methode abhängige, maximale (scharfe) und gute Darstellung der anatomischen Strukturen der Pulpa, d.h. gute Färbequalität und Farbenkontrast.
2. Verwendungsmöglichkeit in der Diagnostik, für Demonstrationszwecke und für spezielle Forschungen.

In der hier vorliegenden Arbeit wurden Farbstoffe (mit einer Ausnahme) von einem Hersteller benutzt. Der Bezug dieser Materialien bereitete deshalb keine Schwierigkeiten.

Die Übersichtsfärbungen im Pulpaschnitt

Von den Übersichtsfärbungen erwarten wir, daß diese Methoden gleichwertig möglichst alle Strukturen im Schnitt darstellen.

Die Hämatoxylin-Eosin-Färbung ist heute noch die am meisten verwendete Methode. In der Medizin und Zahnmedizin gilt sie als Standardmethode für Übersichtspräparate.

Das Hämatoxylin (= Hämatein) wirkt als Kernfärbung (violett), das Eosin dient als Plasmafärbung und auch für kollagene Bindegewebstdarstellung in verschiedenen roten Farben. Besonders scharf kommen der Zellbestand (mit Odontoblasten) und die Gefäße heraus. Der Farbenkontrast der Nerven und Kollagenfasern ist mittelmäßig. Entgegen dem in der allgemeinen Histologie gewohnten Bild ist die schlechtere Darstellung der Kollagen- und Retikulinfasern auf die Entkalkung und anderweitige Verarbeitung (Gefrierschnitte) der Zähne zurückzuführen.

Mit einfach gereiftem Hämatoxylin (Hämatein) wird die Kernfärbung kaum gelingen, mit Zusatz von metallischen Farbbeizen entsteht eine Lackfärbung, die die eigentliche Kerndarstellung zeigt. Solche Lackbeizen sind Kalialaun (Kalium-Aluminium-Sulfat) und Ammoniakalaun (Ammonium-Aluminium-Sulfat). Das Delafield'sche Hämatoxylin enthält Ammoniakalaun: es ist ein Ammoniakalaun-Hämatein, basischer Farblack des Hämateins.

Als brauchbare Übersichtsfärbung findet es in der Diagnostik, im Studium für Demonstrationszwecke und in der Forschung Anwendung, obwohl viele Autoren (Harms (18), Romeis (36) usw.) außer den H. E. - Färbungen bessere Methoden empfehlen. In der reinen H. E. - Färbung verwendet die Mainzer Schule von den vielen Hämatoxylinlösungen das Delafield'sche Hämatoxylin (Ammoniakalaun-Hämatein).

Bei den anderen Übersichtspräparaten und speziellen Färbungen ziehen viele Autoritäten nach der Literatur Hämatoxylin als Kernfärbung vor. In diesem Sinne sind diese Methoden eigentlich alle als modifizierte Hämatoxylinfärbungen zu betrachten. Da das Delafield'sche Hämatoxylin am stärksten und von der Gruppe der Alaunhämateine am schärfsten färbt, wurde es nochmals als Kernfärbung in dieser Arbeit bei den Fettdarstellungen verwendet.

Die Eisenhämatoxylinfärbungen übertreffen weit die H. E. - Methoden. Nach Meinung von Romeis (36) ist die Färbung mit Weigert'schem Eisenhämatoxylin (W. E. H.) besser geeignet für entkalktes Material. In dieser Arbeit hat sich diese Behauptung insofern bestätigt, daß Eisenhämatoxyline im allgemeinen besser im Pulpaschnitt wirken. Anstatt des W. E. H. ist jedoch das Heidenhain'sche E. H. (H. E. H.) die geeignetere Methode.

In den E. H. - Färbungen werden Eisenhämateine gebraucht. Das lackbildende, metallische Beizmittel ist das Eisen (2-wertige oder 3-wertige Eisenionen). Bei Ferro-Hämateinen wirkt die Färbung blau und bei den Ferri-Hämateinen schwarz oder pechschwarz. Diese verschiedenen Farben kommen nach Meinung von Haug (19) am besten in der H. E. H. zur Geltung, wie es unsere angefertigten Präparate auch zeigen.

Das Weigert'sche E. H. färbt die Kollagen- und Nervenfasern stärker als im H. E. Diese scharfe Darstellung gilt auch für die Retikulinfasern, Gefäße und den Zellbestand. Innerhalb der Nervendarstellung aber müssen wir Unterschiede machen: Die feineren Neurofibrillen werden manchmal ebenso matt gefärbt wie im H. E., dafür zeigen die dicken Nervenstämmе wie die Kollagenfaserbündel und deren fibrilläre Zusammensetzung mehr Kontrast.

Die Methode mit W. E. H. nennt man zusätzlich einzeitiges oder einstufiges Verfahren. Die Lösung besteht aus Eisenchlorid und unge-reiftem Hämatoxylin. Die Eisenhämateinbildung findet bei der Zusammenstellung der Weigert'schen Lösung statt: Das Fe^{+++} oxydiert (reift) das Hämatoxylin in Eisenhämateinlack, wobei eine Reduktion des 3-wertigen Eisens vor sich geht. Die schwarze Färbung im Präparat stammt vom (3-wertigen) Eisenchlorid und vom überreiften Hämatoxylin. Ein Nachteil dieser Methode ist, daß die zusammengeführten Lösungen nicht lange haltbar sind; als Vorteil erweist sich aber die schnelle Färbung der Schnitte (was der Diagnostik zugute kommt).

Das W. E. H. ist als gute Übersichtsmethode in der Diagnostik und für Kurspräparate, in der Forschung als Spezialfärbung für die Nervenstämmе und deren Auffaserung verwendbar. Wenn es aber nur um Forschung geht, dann ist es besser, mit Heidenhain'schem E. H. zu probieren.

Das Heidenhain'sche E.H. ist bis jetzt die beste Übersichtsfärbung. Wegen des guten Farbenkontrastes (2-wertiges und 3-wertiges Eisen) sind nicht nur der Nervenstamm, sondern auch die feinen Neurofibrillen und Nervenendigungen besser zu sehen, entgegen dem Weigert'schen E.H. Es gibt Andeutungen auf den Unterschied zwischen markhaltigen und marklosen Nervenfasern. Neben den Nervenelementen färben sich die Odontoblasten, der Zellbestand und die Gefäße ausgezeichnet. Die Kollagen- und Retikulindarstellung ist aber wegen des gelblichen Bodens etwas schwach; die Weigert'sche Methode zeigt bessere Ergebnisse.

Dieses Verfahren bezeichnet man als zweizeitige oder zweistufige E.H.-Färbung. Zum Beizen wird Eisenaalaun (Eisen-Ammon-Alaun) statt Eisenchlorid benutzt. Die Beize wird zu dem Schnitt gegeben und dann gereiftes Hämatoxylin (Hämatein) zugeführt. Die Eisenhämateinbildung erfolgt im Zahnschnitt an den Strukturen der Pulpa. Demgegenüber ist in dem einzeitigen Verfahren die Lackbildung schon in der Lösung geschehen.

Durch das 3-wertige Eisen wird das Präparat pechschwarz, was durch Differenzierung ausgeglichen werden kann. Der Vorteil dieser Färbung besteht darin, daß man mit der Differenzierung so lange fortsetzen oder gar unterbrechen kann, bis alle Strukturen der Pulpa gleichmäßig gefärbt sind. In unserem Falle waren die Kollagenfasern deshalb so schwach geworden, weil wir uns mehr auf die Nervendarstellung konzentrierten. Die Kollagenfasern sind nur vom Eisenaalaun gefärbt worden (braungelbliche Farbe), das Hämatein hatte keine Einwirkung; entweder war es ungenügend gereift oder zu dünn, die Eisenhämateinlackbildung war nicht vollständig. Gegenüber dem Original ist der Färbevorgang in der Pulpa viel kürzer, bis zu 45-50 Minuten.

Die von der allgemeinen Histologie angegebene Methode nach Heidenhain hat sich als die beste Pulpaübersichtsfärbung erwiesen. Gleichwertig anzuwenden in der Diagnostik, für Kurszwecke und in der Forschung.

Bei der Nervendarstellung müssen wir noch die Eisenaffinität der Neurofibrillen besprechen. Die Argyrophilie der Nervenfasern ist bekannt, die praktische Anwendung in der Silberimprägnation erzeugt davon. Solche metallische Affinität kann man in der Pulpa gegenüber dem Eisen feststellen. Es wäre angebracht, weiter in dieser Richtung zu forschen, da nebenbei die Umgebung der Nervenfasern nicht so dunkel und undifferenzierbar erscheint wie bei den Silberimprägnationen (z. B. in der Dentininnervierung). Die Silberfärbungen dienen in Zahnschnitten für die Darstellung der Dentininnervation und die in der Pulpa befindlichen Nervenfasern. Mit der Heidenhain'schen Methode ist es möglich, auch die Pulpa-innervierung darzustellen, aber vom Material abhängig war es bei unseren Präparaten nicht möglich, den Eintritt der Nerven ins

Dentin zu zeigen. In der allgemeinen Histologie wird schon die Eisenaffinität in der Markscheidenfärbung ausgenutzt, und zwar für die Darstellung der Lipoidhülle der Nervenfasern. Dies sind alles modifizierte H. E. H. -Färbungen.

Die Schmorl'sche Färbung ist in der allgemeinen Histologie für die Darstellung der Zahngewebe (Hartsubstanzen) und Knochengewebe angegeben worden. Als Kuriosum sollte man diese Methode erwähnen, da neben dem Dentin die Pulpa sich auch mitfärbt; sie ist eine direkt für Zahnschnitte angegebene Methode.

Die Wirkung der Farbstoffe auf das Knochengewebe (Dentin, Zement) wird in der Literatur mit Thionin-Pikrinsäure-Lackbildung angegeben, wobei keine Färbung, sondern ein "Niederschlag" dieses Lackes vor sich geht. Thionin ist ein Teerfarbstoff und gehört zu der Gruppe der Thiazinfarbstoffe; als Kern-, Knochen- und metachromatische Markscheidenfärbung wird sie benutzt. Die Pikrinsäure wirkt im Zahnschnitt als Beizmittel (nach Harms (18), Haug (19)). In der Pulpa können wir sie als Färbung mit "Lackbildung" bezeichnen. Die Odontoblasten und der Zellbestand sind durch rote Metachromasie dargestellt. Gut gefärbt sind die Gefäße, Erythrozyten und ein Teil der Nerven- und Retikulinfasern.

Die Schmorl'sche Färbung ist als mittelmäßige Übersichtsfärbung für Demonstrationszwecke anwendbar. Für Kurse ausgezeichnet beim Studium des Dentins und des Verhältnisses zwischen Dentin und Pulpa.

Die Spezialfärbungen im Pulpaschnitt

Die Spezialfärbungen konzentrieren sich auf Darstellung bestimmter Gewebsanteile. Wenn nebenbei andere Strukturen mitgefärbt werden, ist dies um so besser wegen des Kontrastes und der Orientierung. In der Pulpa wirken die Spezialmethoden teilweise ähnlich, wie in der allgemeinen Histologie schon bekannt ist. Einzelne Unterschiede aber vermehren sich wegen der anatomischen Begebenheiten und des Fehlens bestimmter Strukturen der Pulpa (z. B. freie elastische Fasern).

Die Kollagenfasern

In der Literatur wurden die Methoden für Kollagenfaserfärbungen als allgemeine Bindegewebsfärbung angeboten, d. h. eine Übersichtsfärbung für Bindegewebe, die besser ist als das H. E. Der Grund dafür ist, daß sich außer den Kollagenfasern andere Faserstrukturen mitfärben. Daher kann man von einer spezifischen Methode mit Beschränkung sprechen. Diese Feststellung erübrigt sich auch in der Pulpadarstellung. Richtige Kollagenfaserdar-

stellungen in der Pulpa zeigen nur die Masson'schen Färbungen, bei denen diese Strukturen am stärksten gefärbt sind.

Beim Mallory'schen Verfahren ist die Kollagenfaserdarstellung nicht so überzeugend. Die Kernfärbung (Säurefuchsin) ist besser geworden als die Anilinblau-Orange G-Bindegewebsfärbung: Die Kollagen- und Nervenfasern haben ähnliche Farben, das gesamte Bild (Pulpaboden) ist blau gefärbt.

Die Azanfärbung nach Heidenhain (Azokarmin - Anilinblau) hat die gleichen Negative. Durch die Azokarmin-Kernfärbung und Änderung der Mallory'schen Lösung (Anilinblau - Orange G + Eisessig statt Oxalsäure) werden die feineren Fasern besser mitgefärbt. Der Kontrast zwischen den Kollagen- (etwas heller) und Nervenfasern (etwas dunkler blau) ist schon besser, aber auf dem blauen Untergrund sind sie immer noch schwach zu sehen.

Die Mallory'sche Färbung und ihre Modifizierung, die Azan-Methode, sind gut als Übersichtsfärbung für Demonstrationszwecke geeignet. Ungeeignet für Kollagendarstellung, Forschung oder Diagnostik.

Die van Gieson-Färbung ist eine in Mehrfachfärbung umgewandelte Eisenhämateinfärbung mit Pikrofuchsingegenfärbung. Der Zellbestand ist schärfer dargestellt (W. E. H.!) als bei anderen Anteilen. Die Erythrozyten und Gefäße kamen gleichwertig gut heraus. Die roten Kollagenfasern sind zwar gut zu sehen, aber die Nervenfasern sind ähnlich gefärbt. In diesem Falle färben sich Kollagen und andere Strukturen gleichermaßen gut, deshalb ist sie bedingt als spezifische Methode für Pulpaschnitte anzuerkennen, besser wäre sie für Übersichtspräparate. Ein Nachteil dieser Methode ist, daß die Präparate nach einer gewissen Zeit verblassen (Säurefuchsinanteil ist lichtempfindlich).

Als Übersichtsfärbung ist sie für die Diagnostik ausgezeichnet, viel besser als z. B. die H. E. - und Mallory-Färbungen, gut auch für Demonstrationszwecke.

Die Masson'sche Trichromfärbung ist im Original eine E. H. -Kernfärbung mit Gegenfärbungen. In dieser Arbeit wurden zwei Modifikationen ausgearbeitet: Die Hämatein-Erythrosin-Safran-Färbung und die Goldner'sche Variation mit W. E. H. -Kernfärbung.

Das Hämatein-Erythrosin-Safran nach Masson hat sich als spezielle Färbung für Kollagenfasern erwiesen. Scharf sind die Odontoblasten, Zellbestand, Erythrozyten und die Gefäßelastika. Das saure Hämalaun wirkt am besten als Kernfärbung bei der Odontoblastendarstellung, beim Zellbestand wird es vom Erythrosin

überfärbt. Das Erythrosin als lackbildende Plasma- und Zwischenstrukturfärbung (gehört zu der EosinGruppe) färbt die Gefäßelastika, die Erythrozyten und der Zellbestand rötlich. Der Safran als spezifischer Farbstoff für Kollagenfasern färbt gelblich. Das Erythrosin und als Gegenfärbung der Safran wirken zusammen bei der ziegelroten Nervendarstellung, beim gelborangen Dentin und bei der bräunlichen Retikulinfärbung.

In der Goldner'schen Modifikation wurde für die Kernfärbung das Weigert'sche E. H. angewandt: Im Zellbestand sind dadurch die Zellkerne und die Gefäßelastika braunschwarz geworden. Die Odontoblasten sind vom Azophloxin (Monoazofarbstoff) anstatt vom W. E. H. rot gefärbt. Als erste Gegenfärbung und als Plasmafarbstoff sehen wir seine reine Färbung noch bei der roten Erythrozyten-darstellung. Das Lichtgrün färbt die Kollagenfasern, das Dentin, das Retikulin (schwach) und das Synzytium im Pulpastrom grün. Das W. E. H. und Lichtgrün färben gemeinsam die Nervenfasern bläulichgrün (vom W. E. H. die Ferrohämateine färben bläulich). Das Azophloxin und Lichtgrün sind für die orangerote Zytoplasma-darstellung in der zellreichen Zone verantwortlich.

Die Masson'sche Trichromfärbung und deren Goldner'sche Modifikation erfüllen die Forderungen für eine spezielle Darstellung der Kollagenfasern in der Pulpa. Wegen des guten Farbenkontrastes sind beide auch für Übersichtspräparate empfehlenswert, sowie in der Diagnostik, Lehre und Forschung.

Die elastischen Fasern

Außer der Gefäßelastika sind keine freien elastischen Fasern in der Pulpa vorhanden. Die Darstellung der Gefäßelastika ist in fast allen Übersichts- und Spezialfärbungen gut gelungen. Die von der allgemeinen Histologie angewandten Methoden kann man aber in anderer Richtung ausnutzen: Bei den in Formol fixierten Präparaten werden die Retikulinfasern auch gut dargestellt (Burck (11)).

Das Weigert'sche Resorcinfuchsin und die Orceinfärbung nach Fränkel zeigen diese Eigenschaften: neben der Gefäßelastika sind die Odontoblasten, Zellbestand und die Retikulinfasern gut gefärbt. Im Resorcinfuchsin ist das Retikulin sogar schärfer (Wirkung des Eisenchloridanteils in der Farblösung). Diese Methoden sind geeignet als Spezialfärbung für die Retikulinfasern, ihre praktische Verwendung haben sie nur für Demonstrationszwecke.

Hier ist eine Möglichkeit, die konventionellen Silberimprägnationsmethoden für Retikulin- (Argyrophil-) Fasern in der Pulpa mit den vorher genannten Färbungen zu bereichern.

Mit Kongorotffärbung nach Matsuura haben wir eine weitere Übersichtsmethode gewonnen. Mit Phosphormolybdänsäure ist die Färbung schärfer: gut dargestellt sind die Kollagen-, Retikulin- und Nervenfasern, der Zellbestand. Als spezielle Färbung für die Elastika oder Retikulinfasern nicht geeignet; neben den Retikulinfasern sind alle anderen Pulpastrukturen gleichwertig gut gefärbt.

Als Übersichtsfärbung der Pulpa für Demonstrationzwecke und für die Diagnostik empfehlenswert. Für Forschung bedarf sie noch weiterer Untersuchungen.

Die Argyrophilfasern

Bei der Darstellung der Gitterfasern müssen wir mit Vorbehalt von speziellen Färbungen sprechen. Wie bei der Kollagenfaserdarstellung sind diese Methoden auch hier als "Bindegewebsversilberung", d. h. eine bindegewebige Übersichtsfärbung durch Silberimprägnation, angegeben.

Die Bielschowsky-Maresch-Methode, bestehend aus einer Vorversilberung (Sensibilisierung) und einer Nachversilberung, ist ein zweizeitiges Versilberungsverfahren, das der verstärkten Silberkeimbildung dienen soll. In diesem Verfahren sind alle Strukturen der Pulpa gut gefärbt. Die freien präkollagenen Fasern und die Zytoplasmafortsätze der Pulpa erscheinen in wirrem Aufbau. Unterschiede kann man nur mit stärkerer Vergrößerung machen. Entgegen manchen Autoren (Fasske (12), Gröbl (17)) beherrscht die scharfe Zellbestanddarstellung (Odontoblast + Zellbestand) neben den Argyrophilfibrillen diese Präparate. Die Kollagenfasern sind schwer zu entdecken, da ihre Darstellung von der kollagenfaserbildenden Tätigkeit der Pulpazellen (Fibrozyten) abhängig ist.

Einzeitig wird die Gömöri'sche Bindegewebsversilberung mit einer vorherigen Eisenalaunsensibilisierung (Beizung) angewandt. Im Pulpabild ist der Faserbestand (Gitter-, Kollagen-, Nervenfasern etc.) dominierend, der Zellbestand ist viel schlechter als bei der Bielschowsky-Maresch-Imprägnation.

Beide Imprägnierungen sind als Spezialfärbung für Argyrophilfasern geeignet. Sie sind ausgezeichnet für Übersichtsfärbung, mit besonderer Hinsicht auf die Zellendarstellung (Bielschowsky-Maresch-Methode) und auf die Faserdarstellung (Gömöri'sches Verfahren). Im Praktikum sind sie für Forschung und Demonstrationzwecke empfehlenswert. Wegen der zeitlich langen (Bielschowsky-Maresch) und komplizierten (Gömöri) Färbevorgänge sind sie in der routinemäßigen Diagnostik weniger brauchbar, obwohl sie dazu auch geeignet sind. Im Einzelfalle nimmt man die Gömöri'sche Methode für die Diagnostik.

Gleichzeitige Darstellung von Kollagen-, Elastin- und Retikulinfasern

Diese kombinierte Färbung ist die Zusammenfassung der bis jetzt genannten Spezialmethoden: Silber-Orcein-Anilinblau-Färbung. Im Pulpaschnitt sind alle anatomischen Anteile scharf geprägt. Wegen der gleichwertigen Färbequalität ist sie zu den Übersichtsfärbungen und nicht als Spezialfärbung einzuordnen; dies ist eine mehrfache Bindegewebsdarstellung.

Die kombinierte Färbung ist für Kursus, Demonstrationszwecke, ausgezeichnet. Für die Diagnostik wäre sie auch ideal, aber die komplizierten Färbevorgänge wirken als Nachteil, die Bindegewebsversilberungen z. B. nach Gömöri könnte man eher anwenden. Diese Methode benötigt noch weitgehende Untersuchungen und eventuell Vereinfachung, daher ist sie für Forschungszwecke nicht ratsam.

Gefäßnetzdarstellung im Schnitt

Mit der Pickworth'schen Methode, durch die Peroxydase-reaktion, treten die Gefäße schwarz auf dem verblaßten Pulpaboden hervor. Besonders gut für Mikrokapillarendarstellung. Nachteilig wirkt das schnelle Verblassen der dünnen Schnitte bei Licht. Die 80 μ starken Schnitte der Pulpa sind länger haltbar, aber nach einigen Tagen werden sie auch für die Auswertung wertlos. Deshalb ist es empfehlenswert, gleich mit der Auswertung anzufangen und die anatomischen Begebenheiten in Dia oder Mikrophotogramm zu fixieren.

Abgesehen von den letztgenannten Schwierigkeiten ist diese Methode für Forschung und Lehre zu verwenden.

Die Donath'sche Fluoreszenzmethode ist für feinere Mikrokapillaren und Kapillarmaschen geeignet. Durch die fluoreszenzauflöschende Hämoglobinwirkung werden die bluthaltigen Gefäße schwarz (nicht fluoreszierend), die leeren Kleingefäße und Kapillaren in der Pulpaperipherie erscheinen fluoreszenzgelb.

Als Spezialfärbung hat sie gute Chancen in der Forschung und für Demonstrationszwecke. Wegen der komplizierten UV-Mikroskopie müssen wir uns in der Lehre (Kurs) mit Diapositiven und Mikrophotogrammen begnügen.

Neurofibrillen und Nervenendigungen

Zur Nervendarstellung sind Bindegewebsimprägnationen weiterentwickelt worden, wobei alle kollagenen Strukturen durch Bleichung (z. B. Pyridin) zurückgedrängt und nur die Nervenelemente gezeigt werden.

Die Gros-Schultze-Imprägnierung (bei Haug: Bielschowsky-Gros-Schultze) ist eine Modifizierung der Bielschowsky-Versilberung. Die Imprägnation wird zweizeitig ausgeführt. Die Nachversilberung, das Einstellen der Konzentration der ammoniakalischen Silberlösung, bereitet Schwierigkeiten. Im Pulpa-schnitt wurde dieser Weg (nach Haug (19) und Kiszely (24)) originalgetreu ausprobiert, was aber die Färbequalität sehr beeinträchtigte.

In der histotechnischen Literatur hat Erhard Fasske (12) eine einfachere Ausführung des zweizeitigen Verfahrens angegeben: Zur Silbernitratlösung wird soviel Ammoniak gegeben, bis der Niederschlag sich auflöst, mit dieser ammoniakalischen Silberlösung wird 5 Minuten lang die Nachversilberung vorgenommen, ohne jegliche Konzentrationsprobe mit Ammoniak (siehe Gros-Schultze-Imprägnation, Punkt 3).

In der Pulpa sind die Nervenfasern und Nervenendigungen scharf dargestellt. (Die Dentininnervierung aber wurde nicht genau gezeichnet.)

Diese Methode gilt als spezielle Färbung für intrapulpaie Nerven-darstellung: gut für Forschung und Demonstrationszwecke.

Stückimprägnation nach de Castro ist die zweite, direkt für die Zahngewebe angegebene Färbemethode, die fast in Vergessenheit geraten ist. Sie ist hervorragend in der Neurofibrillen- und Nervenendigungsdarstellung, zeigt Unterschiede zwischen markhaltigen und marklosen (und nicht mehr markhaltigen) Nervenfasern in den in dieser Arbeit angefertigten Präparaten, demonstriert außerdem am besten die Dentininnervierung. Nur störend und nicht als Nachteil kann man die Schwierigkeiten bezeichnen, die beim Entkalkungsprozeß aufgetreten sind, was mit Erhöhung der Salpetersäurekonzentration und bei längerer Anwendung ausgeglichen werden kann.

Diese Stückimprägnation gilt als die beste Methode zur Anwendung in der Forschung (in bezug auf die Dentininnervierung) und für Demonstration.

Die Fettfärbung

Die Fettdarstellung in der Pulpa durch Sudan III und IV hat sich als gute Spezialfärbung erwiesen, wenn sie auch vom Material abhängig ist. Im Falle einer Fettdegeneration des Pulpagewebes führt sie zu brauchbaren Ergebnissen. Für die bessere Kerndarstellung wurde anstatt saurem Hämalun Delafield'sches Hämatoxylin genommen. Neben den Fett-Tröpfchen erscheint auch die Lipoidhülle der Nervenfasern.

Das Sudan III zeigt eine rotorange Fettfärbung. Sudan IV zeichnet einen Unterschied zwischen Lipoiden (blaßrosa, ins Blaue gehend) und Neutralfetten (orangerot). Das Nilblausulfat hat wenige Resultate hervorgebracht, die Neutralfette wurden nicht gefärbt, die anderen Fettsubstanzen (hell bis blauviolett) sind kaum von dem blaugefärbten Boden zu unterscheiden.

Sudan III und Scharlachrot (Sudan IV) sind als allgemeine Fettfärbung, das Scharlachrot außerdem noch für den feineren Unterschied in der Diagnostik und für das Studium anwendbar. Als Forschungsmethode kommen sie bei der Untersuchung des kariösen Defekts der Zahnhartsubstanz in Frage.

Tabelle 5

Anwendung histotechnischer Methoden in der allgemeinen Histologie und Pulpahistologie

Name der Färbemethoden	Allgemeine Histologie	Pulpahistologie
1. Azan n. Heidenhain	Spezialfärbung	Übersichtsfärbung
2. Bielschowsky-Maresch-Imprägnierung	Spezialfärbung	Spezialfärbung und Übersichtsfärbung
3. de Castro	Spezialfärbung	Spezialfärbung
4. Donath's Fluoreszenzmikroskopie	Spezialfärbung	Spezialfärbung
5. Fränkel-Elastika	Spezialfärbung	Übersichtsfärbung
6. van Gieson	Spezialfärbung	Übersichtsfärbung
7. Gömöri-Versilberung	Spezialfärbung	Spezialfärbung und Übersichtsfärbung
8. Gros-Schultze-Imprägnation	Spezialfärbung	Spezialfärbung
9. Hämatoxylin-Eosin	Übersichtsfärbung	Übersichtsfärbung
10. Heidenhain'sches Eisenhämatoxylin	Übersichtsfärbung	Übersichtsfärbung und Spezialfärbung
11. Humason-Luslaugh Kombinierte Färbung	Spezialfärbung (Übersicht)	Übersichtsfärbung
12. Mallory'sches Verfahren	Spezialfärbung	Übersichtsfärbung
13. Masson'sches Hämatein-Erythrosin-Safran	Übersichtsfärbung	Spezialfärbung und Übersichtsfärbung
14. Masson-Goldner	Übersichtsfärbung	Spezialfärbung und Übersichtsfärbung
15. Matsuura, Kongorot	Spezialfärbung	Übersichtsfärbung
16. Nilblausulfat	Spezialfärbung	Übersichtsfärbung und Spezialfärbung
17. Pickworth'sche Methode	Spezialfärbung	Spezialfärbung
18. Schmorl	Spezialfärbung	Übersichtsfärbung
19. Sudan III	Spezialfärbung	Spezialfärbung (und Übersicht)
20. Sudan IV	Spezialfärbung	Spezialfärbung
21. Weigert'sches Eisen-hämatoxylin	Übersichtsfärbung	Übersichtsfärbung (Spezialfärbung)
22. Weigert'sches Resorcin-fuchsin	Spezialfärbung	Übersichtsfärbung

V. ZUSAMMENFASSUNG

1. Zum besseren Verstehen der Wirkung von Farbstoffen und Färbemethoden wurde die Anatomie und Histologie der Pulpa nach dem heutigen Stand der Wissenschaft dargelegt.
2. Als Material der eigenen Untersuchungen sind Pulpen von frisch extrahierten Molaren (bei einer Färbung auch Frontzähne vom Unterkiefer) benutzt worden. Aus diesen Zähnen wurden nach der Fixierung und Entkalkung Gefrierschnitte hergestellt.
3. 22 histotechnische Methoden wurden ausprobiert und geändert, dann als Modifikationen für Zahnschnitte niedergeschrieben. Dabei sind Auswertungen vorgenommen worden im Hinblick auf die Farbenabsorption der Pulpastrukturen, auf deren scharfe Darstellung und auf eine vorläufige Einstufung dieser Methoden in Pulpaverhältnisse als Übersichts- und Spezialfärbungen, die gegenüber der allgemeinen Histologie teilweise andere Ergebnisse zeigten. Für diese Auswertung sind 161 Präparate ausgewählt worden.
4. Auf Grund der Ergebnisse wurden im Pulpaschnitt die Theorien der Färbung überprüft. Außerdem ist festgestellt worden, welche Methoden sich als Übersichtsfärbung und welche sich als Spezialmethode für bestimmte Gewebsanteile der Pulpa eignen, die in der Diagnostik, Grundlagenforschung und im Studium anwendbar sind. Dabei muß erwähnt werden, daß so klare Trennungen nicht möglich sind; einzelne Methoden können für mehrere Zwecke nutzbar sein. Wichtig ist die tägliche, routinemäßige diagnostische Verarbeitung; dies gibt die gebräuchlichsten Färbemethoden. Die speziellen Färbemethoden eignen sich für Forschung und für Demonstrationszwecke.
5. Die zu empfehlenden gebräuchlichen Färbemethoden sind:
Masson'sche Trichromfärbung (Übersicht, Spezialfärbung)
Masson-Goldner'sche Modifikation (Übersicht, Spezialfärbung)
Heidenhain'sches Eisenhämatoxylin (Übersicht, Spezialfärbung)
Weigert'sches Eisenhämatoxylin (Übersicht)
Van Gieson-Färbung (Übersicht)
Hämatoxylin-Eosin (Übersicht)
Bindegewebsversilberung nach Gömöri (Übersicht, Spezialfärbung)
Sudan III (Spezialfärbung)
Sudan IV (Spezialfärbung)

Im Einzelfalle sind die folgenden Methoden für die Diagnostik zu empfehlen, die noch in der Pulpahistologie weitere Erfahrungen benötigen:

Kongorot nach Matsuura (Übersicht)

Kombinierte Färbung nach Humason-Luslaugh (Übersicht)

6. Spezialfärbungen zur Darstellung bestimmter Gewebsanteile (für Grundlagenforschung):

Masson'sche Trichromfärbung (Kollagenfasern)

Masson-Goldner (Kollagenfasern)

Bielschowsky-Maresch-Methode (Argyrophilfasern)

Gömöri'sche Versilberung (Argyrophilfasern)

Pickworth'sche Methode (Gefäßnetz)

Donath'sche Fluoreszenzmethode (Gefäßnetz)

Heidenhain'sches Eisenhämatoxylin (Nervenfasern)

Gros-Schultze-Imprägnation (Neurofibrillen und Nervenendigungen)

Stückimprägnation nach de Castro (Neurofibrillen und Nervenendigungen)

Sudan III (Fettfärbung)

Sudan IV (Neutralfette und Lipide)

7. Für Demonstrationszwecke (Kurs, Lehre) sind die übriggebliebenen Methoden zu empfehlen:

Schmorl'sche Färbung

Mallory'sches Verfahren

Azan nach Heidenhain

Weigert'sches Resorcinfuchsin (eventuell für Retikulinfasern)

Elastika nach Fränkel (eventuell für Retikulinfasern)

Nilblausulfat (eventuell für Fettdarstellung)

8. Bei der Sammlung histotechnischer Methoden für die Pulpa sind neue, bis jetzt unbekannte oder aber wenig erprobte Verfahren zu nennen:

Das Weigert'sche Eisenhämatoxylin (Übersicht)

Das Heidenhain'sche Eisenhämatoxylin (Übersicht, Spezialfärbung für Nervenfasern)

Masson'sche Trichromfärbung (Übersicht, Spezialfärbung für Kollagenfasern)

Masson-Goldner-Modifikation (Übersicht, Spezialfärbung für Kollagenfasern)

Kongorot nach Matsuura (Übersicht)

Kombinierte Färbung nach Humason und Luslaugh (Übersicht)

Pickworth'sche Methode (Spezialfärbung für Gefäßnetz)

Fluoreszenzmethode nach Donath (Spezialfärbung für Gefäßnetz)

Stückimprägnation nach de Castro (Spezialfärbung für Nervenelemente)

9. Bei den theoretischen Überlegungen sind Vorschläge für die weitere Erforschung des Färbemechanismus entwickelt worden. Solch ein Aspekt ist die auffallende Eisenaffinität der Nervenfasern (Eisenhämatoxyline), die gegenüber den Silberimprägnationen, insbesondere in der Darstellung der Dentininnervation, vorteilhafter wirken würde.

Die scheinbar unnutzbaren Elastikafärbungen (Weigert'sches Resorcinfuchsin, Orcein nach Fränkel) sind besonders gut für Retikulinfaserdarstellung. Damit kann man die gewohnten Silberimprägnationen für Gitterfasern erweitern.

Bei der kombinierten Färbung (Humason-Luslaugh) wird die Frage gestellt, ob es wirklich so wichtig sei, alle Bestandteile der Pulpa gleichwertig darzustellen. Für die Diagnostik wäre es zweifellos vorteilhaft, aber nur dann, wenn man die so zahlreichen Färbevorgänge verkürzen könnte. Die Versilberungszeit kann man verkürzen, stärkere Konzentration anwenden, die Orceinlösung (Elastikafärbung) ganz weglassen. Die Gefäßelastika wird genauso gut mit der Kollagenfaserfärbung dargestellt. Statt Anilinblau wirkt Safran oder Lichtgrün SF besser (Masson'sche Färbungen). Problematisch ist es, eine der Fettfärbungen (Sudan III, IV) einzufügen, da sie eine niedrigere Alkoholkonzentration verträgt.

Die Fluoreszenzmikroskopie in der Gefäßnetzdarstellung: Es ist angebracht, weitere Fluorochrom-Farbstoffe im Pulpa-schnitt zu verwenden. (Bekanntlich wurden sie schon für die Zahnhartsubstanzen angewandt.)

Nach dem Erfolg der de Castro-Methode ist es erforderlich, eine Überprüfung sämtlicher Stück- und Blockimprägnationen für die Pulpadarstellung vorzunehmen.

10. In der Grundlagenforschung bei der Vaskularisation und Innervation hat man weitere Beweise erbringen können mit Hilfe von Spezialfärbungen:
- Mikrokapillaren und Mikrokapillarmaschen in der Odontoblastenzone mit Pickworth'scher und Donath'scher Färbung.
 - Darstellung der markhaltigen, nicht mehr markhaltigen und marklosen Nervenfasern in der Pulpa mit Heidenhain'schem Eisenhämatoxylin, Gros-Schultze- und de Castro-Imprägnierungen.
 - Nervenzellendarstellung in der Pulpa mit Masson'schem Hämatein-Erythrosin-Safran und mit de Castro-Imprägnierung.
 - Prädentin- und Dentininnervierung mit de Castro-Imprägnierung.

Als Ergebnis der Untersuchungen darf festgehalten werden, daß Spezialfärbungen zur Darstellung der Pulpa mehr, als das bisher der Fall war, angewendet werden sollten.

VI. LITERATURVERZEICHNIS

Alle in dieser Arbeit vorkommenden Autoren (auch die zitierten) sind aufgeführt. Die Färbemethoden sind absondert zusammengefaßt.

1. Adam, H. - Czihak, G. :
Arbeitsmethoden der makroskopischen und mikroskopischen Anatomie.
Verlag G. Fischer, Stuttgart 1964
2. Adler, P. - Záray, E. :
Konzerváló Fogászat (Konservierende Zahnheilkunde).
Verlag Medicina, Budapest 1961
3. Armenio, G. :
Gerontologia stomatologica. Cortina 1959
4. Arwill, T. :
Innervation of the teeth.
Transactions of the Royal Schools of Dentistry, Stockholm and Umea, Nr. 3, 1958, Stockholm
5. Balogh, K. - Molnár, L. - Schranz, D. - Huszár, Gy. :
Gerostomatologie.
Verlag J. A. Barth, Leipzig 1962 (Zit. : S. 46)
6. Batay, J. :
Kísérletek a fogak biológiai öregedését tükröző objektív értékek meghatározására. (Experimente zur Feststellung der objektiven Werte, welche die biologische Alterung der Zähne spiegeln).
Budapester Medizinische Bibliothek, Manuskript, Preisschrift von 1962
7. 8. Berkelbach v. d. Sprenkel, H. :
Zur Neurologie des Zahnes.
Z. mikrosk. anat. Forsch. 38 (1935), 1-86
9. Bock, O. :
Innervation des Dentins.
Dtsch. Zahnärztl. Ztschr. 15 (1960), 838-848
10. Brashear, A. :
The innervation of the teeth. An analysis of nerve fiber components of the pulp and periodontal tissues and their probable significance.
J. Comp. Neurol. 64 (1936), 169
Ders. : Innervation of the teeth. J. A. D. A. 23 (1936), 662
Ders. : The controversy concerning the innervation of the teeth.
J. Dent. Res. 16 (1937), 5
11. Burck, H. :
Histologische Technik.
Verlag G. Thieme, Stuttgart 1966

12. Fasske, E. :
Lehrbuch der histologischen Technik.
Urban & Schwarzenberg, München - Berlin 1964
13. Fasske, E. - Morgenroth, K. :
Pathologische Histologie der Mundhöhle.
Verlag S. Hirzel, Leipzig 1964
14. Fischer, G. :
Normale und pathologische Biologie des Zahnsystems.
Verlag E. Schmidt, Berlin - Bielefeld - München 1953
(Zit. : S. 23, 317, 319, 324)
15. Fischer, G. :
Biologie der Pulpa des menschlichen Zahnes.
Verlag J. A. Barth, Leipzig 1955
(Zit. : S. 14)
16. Gräff, S. :
Pathologische Anatomie der Zahnheilkunde.
(Aus der Reihe "Pathologische Anatomie der Hals-, Nasen-,
Ohren- und Zahnheilkunde" - Bd. II).
Verlag G. Fischer, Stuttgart 1961
17. Gröbl, Th. :
Histologische Technik.
Verlag W. Maudrich, Wien 1950
18. Harms, H. :
Handbuch der Farbstoffe für die Mikroskopie. Bd. I und II.
Verlag Staufen, Kamp-Lintfort 1965
19. Haug, H. :
Leitfaden der mikroskopischen Technik.
Verlag G. Thieme, Stuttgart 1959
20. Häupl, K. :
Grundriß der Histo-Pathologie des Zahnes und seines Stütz-
apparates.
Leipzig, J. A. Barth, Abt. H. Meusser, 1940
21. Heinrich, G. :
Fibel der histologischen Technik.
Verlag VEB G. Fischer, Jena 1957
22. Isokawa, S. :
Über das Lymphsystem des Zahnes.
Z. Zellforsch. 52 (1960), 140-149
23. Keil, A. :
Grundzüge der Odontologie. Allgemeine und vergleichende Zahn-
kunde als Organwissenschaft.
Verlag Gebr. Borntraeger, Berlin-Nikolassee 1966
(Zit. : S. 57)

24. Kiszely, Gy. - Pósalaky, Z. :
Mikrotechnische und histotechnische Untersuchungs- methoden.
Verlag Akadémia Kiadó, Budapest 1964
25. Körner, M.
Die Transfusion im Gebiete der Kapillaren und deren Bedeutung
für die Funktionen im gesunden und kranken Organismus.
Allg. Wiener med. Zeitung 1874, Nr. 30, S. 249 bzw. Nr. 41,
S. 290
26. Kreter, F. :
Zum Situationsverhalten der Nervenfasern des Zahnorgans.
(Untersuchungen über die normale und pathologische Morpho-
logie).
Frankfurt, Med. Fak., Hab. Schr. v. 21. Nov. 1963
27. Meyer, W. :
Normale Histologie und Entwicklungsgeschichte der Zähne des
Menschen.
Verlag C. Hanser, München 1951
28. Münch, J. :
Nachweis freier Nervenendigungen in der menschlichen Zahn-
pulpa.
Zahnärztl. Praxis 16 (1957), 2
Ders. : Nervenzellen in der Pulpa.
Zahnärztl. Praxis 18 (1958), 3
Ders. : Nervengeflechte, Nervenknäuel und freie Nervenendi-
gungen in der Pulpa menschlicher Zähne.
Dtsch. Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde 30 (1959), 452
29. Münch, J. - Kluczka, J. :
Die Zahnerhaltung. Möglichkeiten und Grenzen in der Praxis.
Verlag J. A. Barth, München 1966
(Zit. : S. 12)
30. Münch, J. - Schriever, H. :
Die Zähne als Sinneswerkzeug.
Zeit. f. Biol. 91 (1931), 75
31. Orban, B. :
Dental histology and embryology.
Verlag Rogers Printing Co., Chicago 1928
32. Rebel, H. H. :
Biomorphose der Pulpa. Einige allgemeine, grundsätzliche
Bemerkungen zur Biologie, zur Prophylaxe und zur Therapie
von Pulpa und Zahnbein.
Dtsch. Zahnärztl. Ztschr. 13 (1958), 681-692
33. Rebel, H. H. :
Pulpa und Hartschubstanzverlust.
Dtsch. Zahnärztl. Ztschr. 14 (1959), 1443-48

34. Reichborn - Kjennerud, J. :
Die Entwicklung der Pulpa in den permanenten Zähnen.
Dtsch. Zahn-, Mund- u. Kieferhbk. 31 (1959), 217-234
35. Riedel, H. :
Fasergewebsbildung und Phlegmasie der Zahnpulpa.
Verlag C. Hanser, München 1964
36. Romeis, B. :
Mikroskopische Technik.
Verlag Leibniz, München 1948
37. Schmorl, G. :
Die pathologisch-histologischen Untersuchungsmethoden.
Verlag F. C. Vogel, Leipzig 1909
38. Schug-Kösters, M. :
Die Behandlung der Pulpa und des apikalen Paradontium.
Berlinische Verlagsanstalt G. m. b. H., Berlin 15, 1966
39. Schweitzer, G. :
Über die Lymphgefäße des Zahnfleisches und der Zähne beim
Menschen und bei Säugetieren. - Teil I u. II, III u. IV.
Arch. mikrosk. Anat. 69, 807-906, 74 (1907/09), 927-939
40. Stewart, J. M. :
Odontoblasts: Vacuoles and Inclusions.
Science 133 (1961), 1011
41. Stöhr, Ph. u. Möllendorff, W. :
Lehrbuch der Histologie und der mikroskopischen Anatomie
des Menschen. 25. Aufl., Jena, Gustav Fischer, 1943
42. Wetzel, G. :
Lehrbuch der Anatomie für Zahnärzte, Gustav Fischer,
Gustav Fischer, Jena 1930
43. Zerosi, C. :
Über das Vorhandensein eines sympathischen Grundplexus
in der Pulpa des Zahnes.
Ztschr. f. Stom. 40 (1942), 285

DIE FÄRBEMETHODEN

- | | |
|---|---------------------------------------|
| 1. Azan nach Heidenhain | nach Haug und Kiszely |
| 2. Bielschowsky-Maresch-
Imprägnierung | nach Erhard Fasske, Gröbl |
| 3. de Castro-Stückimprägnation | nach Romeis |
| 4. Donath's Fluoreszenz-
mikroskopie | nach Kiszely |
| 5. Fränkel-Elastikafärbung | nach Burck |
| 6. van Gieson-Färbung | nach Gröbl |
| 7. Gömöri-Versilberung | nach Haug |
| 8. Gros-Schultze-Imprägnation | nach Haug und Kiszely |
| 9. Hämatoxylin-Eosin | nach Heinrich und Gröbl |
| 10. Heidenhain'sches Eisen-
hämatoxylin | nach Gröbl und Haug |
| 11. Humason-Luslaugh
Kombinierte Färbung | nach Kiszely |
| 12. Mallory'sches Verfahren | nach Kiszely |
| 13. Masson'sche Trichromfärbung
(Hämatein-Erythrosin-Safran) | nach Gröbl |
| 14. Masson-Goldner-Methode | nach Adam-Czihak, Fasske
und Burck |
| 15. Matsuura, Kongorotfärbung | nach Romeis |
| 16. Nilblausulfat | nach Romeis |
| 17. Pickworth'sche Methode | nach Kiszely und Romeis |
| 18. Schmorl'sche Methode | nach Kiszely und Schmorl |
| 19. Sudan III | nach G. Heinrich |
| 20. Sudan IV | nach Burck und Heinrich |
| 21. Weigert'sches Eisen-
hämatoxylin | nach Gröbl und Romeis |
| 22. Weigert'sches Resorcin-
fuchsin | nach Kiszely |

An dieser Stelle möchte ich Herrn Professor Dr. Dr. W. Ketterl für die Überlassung des Themas, seine Ratschläge bei der Gestaltung dieser Arbeit und für seine Mithilfe in der Mikrophotographie danken.

Ebenso danke ich auch Herrn Professor Dr. F. Ehrenbrand vom Anatomischen Institut für seine Hilfe bei der Fluoreszenzmikroskopie.

Außerdem verbindlichen Dank an Fräulein H. Wolf, Med. Techn. Assistentin vom wissenschaftlich-histologischen Laboratorium der Zahnklinik, die mit ihrer praktischen Erfahrung in Histotechnik und bei der Korrektur sehr geholfen hat.

In der Materialsammlung waren behilflich Frau Dr. U. Kupffer und die Herren Dr. J. Stoffregen und Dr. U. Utech von der Abteilung ZMK der Chirurgischen Poliklinik, denen ich ebenfalls meinen Dank ausspreche.

LEBENS LAUF

Am 22.3.1941 wurde ich als erster Sohn des Josef Mathias Batay und seiner Ehefrau Elisabeth, geb. Hodisch, in Goslar geboren.

In Ungarn aufgewachsen, besuchte ich von 1947 bis 1955 die Volks- und Mittelschule, von 1955 bis 1959 das Gymnasium in Budapest. Dort legte ich im selben Jahre das Abitur ab. Von 1959 bis 1964 studierte ich an der Budapester Medizinischen Universität zehn Semester Zahnmedizin, wo ich meine Abschlußprüfungen (Rigorosen) mit Erfolg bestanden habe.

Nach kurzer Tätigkeit als Assistenzarzt in der allgemeinen Ortskrankenkasse (Sz. T.K.) Ende Sommer 1964 habe ich Ungarn verlassen und bin am 1.9.1964 in die Bundesrepublik zurückgekehrt.

Am 26.1.1965 erteilte mir das Hessische Ministerium für Arbeit, Volkswohlfahrt und Gesundheitswesen die Bestallung als Zahnarzt, nachdem mein Studium voll anerkannt wurde.

Von April 1965 bis Ende Oktober 1966 war ich Assistenzarzt in der Dental Clinic in Babenhausen.

Laut Promotionsordnung immatrikulierte ich mich am 21. Oktober 1966 an der Medizinischen Fakultät der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz und studierte im 11. und 12. Semester Zahnmedizin, wonach ich ein Examen rigorosum ablegen werde, welches einem deutschen Staatsexamen gleichkommt.

Seit 1.3.1968 bin ich Assistent in der Prothetischen Abteilung der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten der Universität Mainz.

Ich bin seit 28.1.1966 verheiratet und habe einen Sohn.

